



Texturbestämning genom fält-, pipett- och hydrometermetoder



Linnéa Lidberg

Handledare: Lars Lundin, Per-Arne Melkerud och Johan Stendahl
Examensarbete vid institutionen för skoglig marklära, SLU

Uppsala, 2009

Nr 20

Omslagsbild: Sandsorteringar af Albert Atterberg 1903.
Foto: Geobild Anders Damberg

Texturbestämning genom fält-, pipett- och hydrometermetoder

**Texture analysis by field-, pipette- and
hydrometer methods**

Linnéa Lidberg

FÖRORD

Mark- och ekosystemförhållandena är starkt beroende av det fasta materialets sammansättning. I markens minerogena delar utgör jordart och textur två väsentliga inslag med betydelse för såväl fysikaliska som kemiska egenskaper. Det är i sammanhanget av stor vikt att bestämma markens uppbyggnad och hithörande område har lång historia. Flera system har byggts upp för att beskriva jordarter och textur. Metoder har ändrats och utvecklingen har lett fram till moderniserade synsätt. Det blir då i sammanhanget viktigt att kunna jämföra resultat från olika tidsperioder och med olika utföranden. I detta examensarbete har metoder av enklare karaktär, som är nödvändiga för fältbruk jämförts med två laboratoriemetoder; pipett- och hydrometermetoderna. Dessutom har två dispergeringsmedel nyttjats. Resultaten visar vissa olikheter avseende laboratorieresultat samt poängterar vikten av omsorgsfull träning vad gäller fältmetoder.

Examensarbetet baseras delvis på prover insamlade inom det s.k. EU-projektet BioSoil och särskilda laboratorieanalyser har genomförts under 2008 vid institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet. Denna nya institution inkluderar bl.a. den tidigare institutionen för skoglig marklära, som fortfarande existerade då arbetet inleddes.

Arbetet omfattar 30 högskolepoäng på D-nivå för Magisterexamen i huvudämnet markvetenskap vid programmet för markvetenskap och miljö. Arbetet rapporteras i institutionens serie "Examensarbeten vid institutionen för skoglig marklära", som fortfarande utgör rapportserie för en del examensarbeten vid institutionen för mark och miljö.

EU-projektet BioSoil har till delar tillhandahållit material, utrustning och bekostat en del analyser. BioSoil-projektet testar metoder och resultaten från examensarbetet kan till delar bistå i de EU-övergripande inventeringarna.

Uppsala i januari 2009
Lars Lundin
Professor och handledare

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	3
Innehållsförteckning	5
Inledning	9
Bakgrund	9
Jordart och textur	9
Jordartsklassificering	9
Texturbestämning	10
Block och sten	11
Tidigare studier	12
<i>Pipett- och hydrometermetoder</i>	<i>12</i>
<i>Dispergeringsmedel</i>	<i>12</i>
<i>Fingertest</i>	<i>13</i>
Dataunderlag	13
Syfte och mål	14
Material & metoder	14
Pipettmetod	14
Hydrometermetod	14
Fingertest	15
Jordartsklassificering	16
Statistisk analys	16
Resultat	17
Pipett- och hydrometermetoder	17
Dispergeringsmedel	17
Fingertest	19
Jordartsklassificering	21
Hydrometermetod och fingertest	23
Diskussion	24
Pipett- och Hydrometermetoder	24
Dispergeringsmedel	25
Fingertest	25
Hydrometermetod och fingertest	26
Slutsatser	27
Tack	27
Referenser	28
Bilaga 1	30
Bilaga 2	31

SAMMANFATTNING.

Texturförhållandena är viktiga egenskaper hos jordar. Det är därför viktigt att kunna analysera texturen. För att bestämma textur kan flera metoder användas. Nya metoder utvecklas hela tiden samtidigt som äldre metoder fortfarande finns kvar. Om man vill jämföra resultat från olika metoder måste skillnader mellan metoderna först klargöras.

I detta arbete studeras svårigheter, problem och skillnader avseende metoder för texturbestämning, utifrån en studie av prover från skogsmark. Det görs genom att jämföra några vanliga metoder för texturbestämning. Studien behandlar pipett-, hydrometer- och fältmetoder samt dispergeringsmedlen natriumpyrofosfat och natriumhexametafosfat (calgon). De olika fältmetoderna sammanfattas i denna studie i begreppet fingertest.

Analysen har gjorts på 35 prov och ytterligare uppgifter har hämtats från bestämningar gjorda inom BioSoil som är ett EU-projekt. Inom detta examensarbete analyserades proverna enligt hydrometermetoden, utförd med de båda dispergeringsmedlen. Samma prover var inom BioSoil analyserade med pipettmetoden och fingertestet. Bestämningar med fingertest var dessutom utförda för samma prover både i fält och på laboratorium.

Med dessa data som underlag kunde skillnader studeras mellan pipett- och hydrometermetoderna, dispergeringsmedlen natriumpyrofosfat och calgon samt hydrometermetoden och fingertestet. Dessutom kunde fingertestet studeras genom att jämföra fält- och laboratoriebestämningar utförda på samma prov.

Resultatet av studien visade att pipett- och hydrometermetoden ger likvärdiga resultat under förutsättning att precisionen inte behöver vara så hög. Pipettmetoden gav något lägre lerhalter än hydrometermetoden men avvikelsen var inte signifikant. Skillnaderna i lerhalt kunde till största delen förklaras med felaktigheter i resultatet av pipettanalysen. Dispergeringsmedlen visade ännu bättre överensstämmelse än vad pipett- och hydrometermetoden gjorde. Natriumpyrofosfat och calgon kan därför, under liknande förutsättningar som i denna undersökning, ge överensstämmande resultat.

Jämförelsen av hydrometermetoden och fingertestet visade en mindre god överensstämmelse. Även mellan de båda bestämningarna med fingertestet var överensstämmelsen mindre god. Eftersom fingertestet är en subjektiv metod som kräver kalibrering och övning förväntades vissa osäkerheter i resultaten. Osäkerheten var dock något större än väntat. Det kunde förklaras av att bedömningen görs under olika förutsättningar i fält och på laboratorium, att klassindelningen är snäv samt att bedömare inte hade så stor erfarenhet av metoden. Fingertestet bör, trots resultaten i denna studie, ses som en användbar metod för fältbestämning av textur.

Nyckelord: Pipettmetod, hydrometermetod, utrullningsprov, texturanalys, jordartsklassificering

SUMMARY.

Texture is an important soil property and accurate particle size analysis of soil texture is therefore crucial. There are a number of well-established and newly developed methods available for determining soil texture. In order to compare the results of these methods, the differences between them must be determined.

The difficulties, problems and differences regarding texture class determination were examined through a study performed on forest soil samples. The study compared different methods (pipette, hydrometer and field methods) and two types of dispersing agents (sodium pyrophosphate and sodium hexametaphosphate (calgon)) commonly used for particle size analysis. Several field methods are summarised in this paper under the term 'finger testing'.

A total of 35 samples were analysed. Additional data were collected from 'BioSoil', an EU project. All samples were analysed by the hydrometer method, performed separately with each dispersing agent. The samples had already been analysed within BioSoil using the pipette method and by finger testing. Texture class was also determined by finger testing of the full set of samples in both field and laboratory.

The results from the particle size analyses were used to identify differences between the pipette and hydrometer methods, between the two dispersing agents and between the hydrometer method and finger testing. Field and laboratory classifications obtained by finger testing were also compared.

The pipette and hydrometer methods gave comparable results in cases where high precision was not required. The pipette method gave a slightly lower clay content compared with the hydrometer method, but the difference was not significant. Most of the differences in clay content could be explained by errors in the results of the pipette method. The dispersing agents showed a greater correlation than the pipette and hydrometer methods. In conditions such as those in this study, sodium pyrophosphate and calgon can therefore give similar results.

No satisfactory correlation was found between the hydrometer method and finger testing. There was a similar lack of correlation between field and laboratory classifications obtained by finger testing. Finger testing is a subjective method that requires calibration and practice, and therefore some uncertainties can be expected. However these uncertainties were larger than expected in this study and could be explained by conditions differing between field and laboratory. Other possible explanations are the narrow classes used in this classification method and a lack of experience amongst staff performing the analyses. However, despite the variation in results, finger testing can be regarded as a useful method for soil texture class determination.

Key words: Pipette analysis, hydrometer analysis, finger testing, particle size analysis, soil classification

INLEDNING

Texturegenskaperna är avgörande för jordars användning inom jord- och skogsbruk samt andra näringar och annat nyttjande. Texturbestämning används för att bestämma en jords mekaniska sammansättning och har betydelse inom flera områden, till exempel jordartsklassificering. Det finns flera metoder för att utföra själva texturbestämningen. Några är vanligare än andra. Faktorer som påverkar valet av metod är bland annat ekonomi, tid och provets egenskaper (Coates & Hulse 1985). Svårigheter uppstår dock när resultat från olika metoder ska jämföras.

Metoder för texturbestämning utvecklas hela tiden och ökad internationell kontakt påskyndar processen. I flera fall är dock fortfarande gamla metoder och system de som passar bäst att använda. Det kan dock uppstå problem i övergången mellan gamla och nya metoder eller klassningar, eller om nya undersökningar ska jämföras med äldre.

Några vanliga metoder för att bedöma textur är med hjälp av pipett eller hydrometer. De är båda sedimentationsanalyser som grundar sig på Stokes lag. Därför görs lätt antagandet att resultat från metoderna är likvärdiga. Det är dock inte självklart. Metoderna bygger i grunden på samma teori men utförandet av analyserna skiljer sig åt (Barnekow 1991).

En annan vanlig metod är att bedöma texturen i fält genom olika manuella metoder. Dessa metoder är praktiska, enkla och billiga. Metoderna är dock beroende av bedömarens kunskap och erfarenhet. Det betyder att de inte är lika objektiva som till exempel hydrometermetoden.

BAKGRUND

Jordart och textur

Marken består av mineralpartiklar, vatten, luft och organiskt material. Mineralpartiklarna är av olika kornstorlek och indelas enligt en korngruppsskala. I Sverige har Albert Atterbergs (Damberg 1996) korngruppsskala länge använts (Tabell 1). Fördelningen mellan de olika kornstorlekarna är vad man kallar jordartens textur. Texturen har betydelse för bland annat jordens struktur, specifika yta, plasticitet, kohesion och hygroskopicitet varför det är viktigt att kunna bestämma den. Den har även betydelse vid jordartsklassificering. Andra viktiga egenskaper vid jordartsklassificering är materialets ursprung och mängden organiskt material. Jordarterna delas in i mineraljordar och organogena jordar. Mineraljordar delas vidare in i sorterade och osorterade jordar. Sorterade jordar består till största delen av en eller ett par korngrupper. Osorterade jordar däremot innehåller de flesta kornstorlekarna.

Dessa är vanligtvis morän, avsatta av inlandsisen (Eriksson m fl 2005).

Tabell 1. Korngruppsskalor. Överst är Atterbergs skala och under är Sveriges Geotekniska förenings (SGF). Gränsvärdena är partikeldiameter, uttryckt i mm (Eriksson m fl 2005)

ler	mjåla	mo	sand	grus	sten	block
ler	silt		sand	grus	sten	block
0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2
				6	20	60
					200	600

Jordartsklassificering

Gunnar Ekström (1927) gjorde en beskrivning för hur jordarter skulle klassificeras. Den blev grunden för det klassificeringsschema som arbetades fram av en jordartskommitté 1953 (Eriksson m fl 2005).

Jordartskommittén bestod av representanter från Skogshögskolan, Statens geotekniska institut, Statens väginstitut och Sveriges geologiska undersökning (SGU). Jordartsindelningen byggde då på Atterbergs korngruppsskala. Klassificeringsschemat passade dock dåligt i bland annat geotekniska sammanhang. Därför arbetades ett nytt förslag fram av SGF:s laboratoriekommitté (Steen 1982). I och med förslaget gjordes i huvudsak tre stora ändringar. Korngruppsskalan ändrades så att mjåla och mo byttes ut mot silt och finsand. Fraktionsgränserna mellan grus, sten och block ändrades från 20 mm och 200 mm till 60 mm respektive 600 mm. Dessutom ändrades beräkningen av lerhalt från att förut ha beräknats som andel av material mindre än 20 mm till att beräknas som andel av material mindre än 0,06 mm. Förutom att fungera bättre i geotekniska sammanhang så var ändringen av korngruppsskalan även en anpassning till internationella normer (Steen 1982). Fortfarande används dock Atterbergsskalan, främst inom skogs- och jordbrukssammanhang. Till exempel är det Atterbergs skala som används vid jordartsklassificering inom Rikskogstaxeringen (RT) och Markinventeringen (MI) (Markinventeringen 2008a).

Sveriges geologiska undersökning har i sitt arbete använt sig av klassificeringsschemat från 1953 men i och med SGF:s ändringar har även SGU uppdaterat sitt system. Numera använder SGU samma schema som SGF, dock med några undantag. SGU räknar fortfarande lerhalten som andel av material mindre än 20 mm. Dessutom har SGU en annan indelning av moräner än SGF. Den moränerindelning som SGF tillämpar används med avseende på geotekniska egenskaper och fungerar inte lika bra om den skulle användas ute i naturen där man får förlita sig på manuella bestämningsmetoder. Enligt SGU indelas morän i *grusig*, *sandig* och *sandig-siltig morän* samt *moränlera* (Figur 1). Indelningen är densamma som i det äldre systemet förutom att namnen ändrats för att stämma med den nya korngruppsskalan. *Grusig morän*

Texturbestämning

En objektiv metod för att bestämma texturen är att utföra kornstorleksanalysen i laboratorium. För sandfraktionen används siktar. I finare fraktioner är partiklarna för små för att siktas, istället används våtbestämmingar som till exempel sedimentationsanalys. Pipett- eller hydrometeranalys är två vanliga sedimentationsmetoder (Brady & Weil 2002). Dessa metoder liksom andra typer av sedimentationsanalys bygger på Stokes lag som säger att om alla partiklar har samma densitet och form så faller stora partiklar snabbare än små i en lösning. En partikel i lösning påverkas av tyngdkraften men även av vätskans lyftkraft. Om partikelns densitet är större än vattnets densitet så kommer tyngdkraften att vara större än vätskans lyftkraft och partikeln faller då med ökande hastighet neråt. Partikeln påverkas också av motståndet i vätskan och när det motståndet är lika med den nedåtriktade kraften så faller partikeln med konstant hastighet. Den konstanta hastigheten är

$$V = \frac{h}{t} = \frac{d^2 g (\rho_1 - \rho_2)}{18 \eta}$$

Stokes lag gäller för sfäriska partiklar. Dock är inte alla partiklar sfäriska, därför representeras partiklarna av ekvivalensdiametrar som baseras på partikelns fallhastighet enligt Stokes lag. Själva sedimentationsanalysen utförs genom att blanda upp en jordmängd (material < 2 mm) i vätska till en suspension, av känd volym. Partiklarna tillåts sedan sjunka i vätskan. Genom att göra mätningar vid bestämda djup och tidsintervall kan kornstorleksfördelningen i materialet fastställas utifrån Stokes lag. För att fallhastigheten ska kunna beräknas förutsätts att vissa förhållanden gäller. Vätskan ska vara stilla så att flödet beror av vätskans viskositet och suspensionen ska inte utsättas för turbulens som stör sedimentationen. Dessa förhållanden påverkas bland annat av temperaturväxlingar varför det är viktigt att hålla en konstant temperatur. Stokes lag förutsätter också att partiklarna i lösningen är små och sfäriska, har konstant fallhastighet som är liten, har samma densitet ($2,65 \text{ g/cm}^3$) och att de är fördelade jämnt i suspensionen (Krumbein & Pettijohn 1938; Talme & Almén 1975; Head 1980).

10

metoderna. Mekanisk dispergering utgör någon typ av omrörning exempelvis med skakapparat eller mixerstav. Vid den kemiska dispergeringen används vanligtvis natriumpyrofosfat eller natriumhexametäfosfat (calgon) men det förekommer även andra dispergeringsmedel (Talme & Almén 1975; Thornburn & Shaw 1987; Institutionen för markvetenskap 2005). Detta arbete fokuseras på natriumpyrofosfat och calgon. Calgon är kanske det vanligaste dispergeringsmedlet både när det gäller svensk och internationell markforskning. Av tradition har dock geologerna i Sverige alltid använt natriumpyrofosfat (Melkerud pers. medd. 2008).

En vanlig typ av sedimentationsanalys är pipettmetoden. Den utvecklades mellan åren 1922 och 1923 av Robinson i England, Jennings, Thomas och Gardner i USA och Krauss i Tyskland, alla oberoende av varandra (Krumbein & Pettijohn 1938). Metoden går till så att vid tiden t och djupet h så uttages ett prov från suspensionen med hjälp av en pipett. Provet kommer då att innehålla partiklar av en bestämd kornstorlek, definierad enligt Stokes lag. Provet torkas och vägs för att sedan räknas om till viktprocent av ursprungsprovet. Denna metod är ett lämpligt val om proverna som ska analyseras är leror eller andra finkorniga jordar (Krumbein & Pettijohn 1938; Talme & Almén 1975).

Den andra vanliga metoden, hydrometermetoden, introducerades på 1920-talet av Buoyoucos, förbättrades senare av Casagrande och därefter av United States Bureau of Public Roads. Målet var en enkel och snabb metod som gav tillförlitliga resultat (Krumbein & Pettijohn 1938). Med hjälp av en areometer, även kallad hydrometer, (Bild 1) mäts lösningens densitet vid olika tider. Avläsningarna används sedan för att med hjälp av ett nomogram rita upp en kumulativ kornstorleksfördelningskurva som visar andelen partiklar, i viktprocent, av respektive kornstorlek. Nomogrammet konstrueras för varje hydrometer och används för att undvika tidskrävande beräkningar. Hydrometern är då kalibrerad för dispergeringsmedel, temperatur (20°C) och partikeldensitet ($2,65 \text{ g/cm}^3$) (Gandahl 1952; Stål 1972; Talme & Almén 1975). Det går även att bearbeta hydrometeravläsningarna utan att använda nomogram. Istället konstrueras en tabell över hydrometerns effektiva djup. Med hjälp av tabellen beräknas sedan kornstorleken vid varje mättillfälle. Hydrometern är då inte kalibrerad för dispergeringsmedel utan avläsningarna korrigeras för dispergeringsmedel och räknas sedan om till kumulativa viktprocent. (Swedish standards institute 2001; Institutionen för markvetenskap 2005). Teorin för hydrometermetoden är något mer invecklad än för pipettmetoden och kommer inte att beskrivas utförligare här. För fördjupad läsning om de båda metoderna och deras bakomliggande teori hänvisas till *Manual of Sedimentary petrography* av Krumbein &

Pettijohn (1938), *Hydrometermetoden* av Rune Gandahl (1952), *Jordartsanalys, laboratorieredovisningar Del 1* av Talme & Almén (1975) samt *Soil laboratory testing* av Head (1980).

Det finns flera metoder för kornstorleksanalys och nya utvecklats hela tiden. En metod som bör nämnas är Sedigrafmetoden (metoden är uppkallade efter ett produktnamn) som bygger på röntgenstrålning (Coates & Hulse 1985). Andra metoder är laser diffraktion (Taubner m fl 2008; Shein m fl 2006), gammastrålning, statisk och dynamisk ljusspridning (Chaundari m fl 2008). En metod under utveckling använder NIR för bestämning av lerhalt (Sørensen & Dalsgaard 2005).



Bild 1. Hydrometer.

Block och sten

Klassificering görs vanligen på material mindre än 2 mm medan grus och sten bestäms för sig, då det krävs betydligt större provmängder för att uppnå statistiskt relevanta resultat. Det gör att jordartsbestämningen endast baserar sig på fraktionerna upp till och med sand (Brady & Weil 2002).

Den vanligaste jordarten i Sverige är morän som alltid innehåller sten och block i varierande mängd. Trots att det finns gott om block och sten i svensk skogsmark så ägnas liten uppmärksamhet åt dessa fraktioner. Till sten räknas markpartiklar mellan 20 och 200 mm (Atterbergs korngruppskala). Partiklar över 200 mm räknas då som block. Eftersom block och sten har liten specifik yta så anses de ofta ha liten betydelse för markens kemiska processer. Deras volym gör dock att det finns mindre mängd finjord än om block och sten inte fanns där. De har också betydelse för markens kemiska processer genom att bilda makroporer som ökar dräneringen. Det gör att mängden tillgängligt vatten för växterna minskar. Makroporerna bidrar också till att vattenflödet koncentreras till finare fraktioner. Det kan öka vittringen och koncentrationen av bland annat

katjoner och kol. Marktemperatur och mängden tillgänglig näring påverkas också av andelen block och sten (Eriksson & Holmgren 1996). Detta arbete kommer bara att behandla material mindre än 20 mm. Det är dock viktigt att ha i åtanke att hela mineraljorden även omfattar block och sten.

Tidigare studier

Pipett- och hydrometermetoder

Det har gjorts flera jämförande studier mellan hydrometermetoden och pipettmetoden. Alla studier visar i stort sett samma sak, nämligen i huvudsak god överensstämmelse mellan metoderna.

Liu m fl (1966) bestämde lerhalten ($<0,002$ mm) för 155 jordprover med både pipett och hydrometer. Den uppmätta lerhalten för de båda metoderna jämfördes. Resultatet visade en signifikant korrelation med korrelationskoefficient (r) på 0,965. Hydrometermetoden gav dock något högre värden för lerhalten. I jordar med högre halt organiskt material var korrelationen inte lika bra. Detta förklarades med att det organiska materialet inte togs bort vid förbehandlingen för hydrometermetoden. Calhoun m fl (1973) upprepade senare studien fast på jordar i Florida. Korrelation blev även i detta fall signifikant ($r = 0,998$). Hydrometermetoden gav även här något högre lerhalt. Detta förklarades med att partiklar med diametern 0,002-0,006 mm felaktigt inkluderades vid tvåtimmarsmätningen vid hydrometeranalysen. I de fall då halten organiskt material var hög påverkade även detta resultatet.

Båda studierna kom fram till slutsatsen att data från pipett- och hydrometeranalyser var likvärdiga (Liu m fl 1966; Calhoun m fl 1973).

I en studie av Thornburn & Shaw (1987) mellan tre typer av mekanisk dispergering visades att hydrometermetoden gav något högre lervärden än pipettmetoden om dispergeringen inte var tillräcklig. Studien visade att hydrometermetoden inte är lika känslig vid mätning av finare fraktioner, silt och ler, men att den är likvärdig med pipettmetoden så länge dispergeringen är god.

Det har även gjorts arbeten där pipett och hydrometer har studerats i förhållande till andra metoder.

Exempelvis studerade Coates & Hulse (1985) fyra metoder; pipett, hydrometer, sedigraf och hydrofotometer. Alla försöksled dispergerades med calgon och förbehandlades på samma sätt. Resultaten från pipett och hydrometer låg nära varandra i alla försök och gav god överensstämmelse medan de andra metoderna gav avvikande resultat. Hydrofotometern var den som skilde sig mest från de andra och gav oregelbundna resultat genom hela kornfördelningen. Resultat från sedigrafmetoden liknade mest pipettresultaten men även dessa skilde sig åt i de grövre fraktionerna. Utöver Coates och

Hulses egna resultat belyser de att hydrometer och pipett redan i tidigare studier visat god överensstämmelse. Det visade sig också i försöket att pipett och hydrometer gav bäst precision. Dock kräver analysen med både hydrometer och pipett erfarenhet och tid för att ge bra resultat.

I sitt examensarbete i geologi vid Lunds universitet skriver Barnekow (1991) att hydrometer och pipett ger liten skillnad i resultat samt att sedigrafmetoden skiljer sig något från pipett och hydrometer. Sedigrafen gav i denna studie högre lerhalt än de andra metoderna.

När resultat från olika metoder ska jämföras gäller det att vara medveten om skillnaderna mellan metoderna. Texturanalys handlar inte om att mäta en ideal "sann" kornstorlek utan målet är istället att mäta egenskaper kopplade till kornstorlek så exakt som möjligt. Trots att alla sedimentationsanalyser bygger på Stokes lag så mäts partikelstorleken på olika sätt beroende på vilken metod som används (Coates & Hulse 1985). Till exempel mäter hydrometermetoden densitetsförändringar i suspensionen medan pipettmetoden mäter de olika fraktionernas massa. Detta gör det svårt att jämföra de olika metoderna (Barnekow 1991).

Dispergeringsmedel

Förutom att det finns flera metoder för texturanalys, som alla skiljer sig åt, finns skillnader även inom metoderna i och med att samma metod kan utföras på olika sätt. Det beror på att metoderna har förbättrats genom åren men också på tillgänglig utrustning, ekonomi, tidsbegränsning och jordprovernas egenskaper. En del i utförandet som kan skilja sig åt är valet av dispergeringsmedel.

Johnson m fl (1985) har i en studie jämfört fem vanliga dispergeringsmedel. Två av dessa är calgon och natriumpyrofosfat. Studien innefattar även tre typer av förbehandling. Alla försöken gjordes med hydrometer och författarna betonar vikten av fullständig dispergering av proverna för att hydrometermetoden ska ge goda resultat. Speciellt i de fall sandiga jordar med låg lerhalt ska analyseras. Just för att lerhalten är låg är felmarginalen mindre. I försöket analyserades två jordar uppdelade i fyra prover, ett för varje behandling. Behandlingarna utgjordes av 15 kombinationer; 3 förbehandlingar gånger 5 dispergeringsmedel. Resultatet visade att calgon gav något högre lerhalt än de andra dispergeringsmedlen. Skillnaden var dock inte signifikant. Av de övriga fyra dispergeringsmedlen som studerades gav natriumpyrofosfat och natriumoxalat aningen högre lerhalter och rekommenderas i arbetet som dispergeringsmedel om inte calgon finns att tillgå.

Olmstead m fl (1930) studerade effekten av några olika dispergeringsmedel. Tre jordar, *Wabash silt loam*, *Houston black clay* och *Carrington loam*, dispergerades

efter att först ha behandlats med väteperoxid. *Houston black clay* innehöll 13,9 procent kalciumkarbonat medan de andra två jordarna innehöll mindre än två procent kalciumkarbonat. Ingen förbehandling med saltsyra, för att ta bort kalciumkarbonat gjordes. Resultatet visade att om ammoniaklösning och natriumhydroxid används som dispergeringsmedel så krävs förbehandling med saltsyra. Resultatet visade även att natriumoxalat ger bäst dispergering av jordar med hög halt kalciumkarbonat (Tabell 2). Studien belyser vikten av att välja en passande förbehandling och ett lämpligt dispergeringsmedel.

Fingertest

En jämförelse av fältmetod och laboratoriemetod gjordes av Hodgson m fl (1976). Silt- (0,002-0,06 mm) och lerhalt (<0,002) mm bestämdes i fält och sedan jämfördes fältbestämningarna med pipettmätningar av samma fraktioner. Resultatet visade att säkra uppskattningar kan göras av flera olika jordarter utifrån erfarenhet och tillräckligt med referensprover.

Dataunderlag

Dataunderlaget till detta arbete är hämtat från BioSoil-projektet. BioSoil är ett EU projekt som förvaltas och samordnas av Joint Research Center (JRC) som är EU: s forskningsorgan. BioSoil är ett demonstrationsprojekt och består av en markmodul och en skogsbiodiversitetmodul. Syftet med markmodulen är i stora drag att skapa och förbättra en gemensam kartläggning av skogsmark för Europa och att färdigställa en gemensam manual för inventering av skogsmark (Forestry Commission 2008). JRC hanterar data från BioSoil-projektet. Forest Soil Coordinating Centre (FSCC) leder arbetet för att utveckla manualen genom att organisera Forest Soil Expert Panel Meetings (FSEPM). FSCC sköter också kontrollen av laboratorier som utför analyserna och leder utbildning av fältpersonal (INBO 2008).

I Sverige sker ett rikstäckande inventeringsarbete av skog och mark. Detta samordnas av Riksinventering av skog (RIS). Inventeringen är indelad i Riksskogstaxeringen (RT) och Markinventeringen (MI) (Riksinventeringen av skog 2006a). RT genomförs av institutionen för skoglig resurshushållning (Riksskogstaxeringen 2008). Institutionen för mark och miljö (före detta institutionen för skoglig marklära) leder arbetet med MI.

Markinventeringen syftar till att övervaka markens tillstånd genom upprepad provtagning och observation av de permanenta provtytor som ingår i RT (Markinventeringen 2008a). MI ingår i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning inom programområdet skog (Naturvårdsverket 2008). BioSoil-projektet utfördes av institutionen för mark och miljö, inom ramen för Markinventeringen.

De länder som deltar i BioSoil ska dokumentera olika markvariabler. Hur provtagningen ska utföras och vilka variabler som ska mätas, står skrivet i den manual som arbetats fram inom projektet (INBO 2006). Enligt denna ska markprovernans jordart och textur bestämmas genom pipettmetoden.

Flera studier har gjorts för att jämföra hydrometer- och pipettmetoderna. De skillnaderna som förekommer mellan metoderna är störst för lerrika jordar. Eftersom de prover som ingår i BioSoil är skogsjordar är merparten lerfattiga och därför borde de två metoderna i de flesta fall ge samma resultat. Utifrån detta antagande bör pipett och hydrometer ge likvärdiga resultat.

Inom BioSoil-projektet gjordes förutom pipettanalyser även texturbestämningar med fingertestet både i fält och på laboratorium. Detta gjordes för att försäkra sig om att alla prover blev klassificerade eftersom alla inte hanns med att analyseras med pipettmetoden. Texturbestämningen som utfördes i laboratorium med fingertestet var delvis en upprepning av den bestämning som gjordes i fält. Detta gav en möjlighet att analysera hur väl fingertestet fungerar. Bestämningen som görs i fält, görs med kunskap om hela provytan medan proverna som kommer till laboratoriet är tagna ur sitt sammanhang. Detta kan vara till bädas fördel. Genom att titta på skillnaderna mellan fält och laboratorium görs även en kontroll av de fältbestämningar som utförs inom Markinventeringen eftersom det är samma fältpersonal som utför analyserna både för MI och BioSoil.

I förhållande till det subjektiva fingertestet kan hydrometeranalysen ses som ett objektivt facit. Genom att klassificera proverna, som analyserats med hydrometermetoden, enligt SGU:s klassificeringssystem, kunde hydrometermetoden jämföras med fingertestet.

Tabell 2. Tre jordar dispergerade med fyra dispergeringsmedel. Två lerhalter mättes, <0,005 mm och 0,002 mm, med pipettmetoden. De redovisade värdena är procenthalter (Olmstead m fl 1930)

	Ammoniaklösning		Natriumhydroxid		Natriumkarbonat		Natriumoxalat	
	< 0,005 mm	< 0,002 mm	< 0,005 mm	< 0,002 mm	< 0,005 mm	< 0,002 mm	< 0,005 mm	< 0,002 mm
Wabash silt loam	30,7	24,1	33,2	28,5	33,1	28,3	34,5	29,6
Houston black clay	38,4	26,4	44,5	30,6	61,3	53,5	63,8	53,8
Carrington loam	7,8	6,4	24,9	21,8	23,4	19,9	24,7	22,9

Syfte och mål

Syftet är att belysa svårigheter, problem och skillnader avseende metoder för texturbestämning.

Målet med arbetet är att:

- Klargöra skillnader mellan pipett och hydrometer.
- Klargöra skillnader mellan natriumhexametafosfat (calgon) och natriumpyrofosfat som dispergeringsmedel vid hydrometeranalys.
- Klargöra skillnader mellan två texturbestämningar gjorda med hjälp av fingertest
- Bestämma tillförlitlighet hos fingertest i förhållande till hydrometeranalys.

MATERIAL & METODER

Pipettmetod

Pipettanalysen som gjordes inom BioSoil-projektet utfördes till största delen enligt manualen för BioSoil. Inom BioSoil används FAO: s (Food and Agriculture Organization) korngruppsskala där material < 2 mm indelas i klasserna ler (< 0,002 mm), silt (0,002-0,063 mm) och sand (0,063-2 mm) (INBO 2006).

Pipettanalysen utfördes för 200 prover inom BioSoil-projektet. Enligt manualen är förbehandlingen av stor vikt för att få en fullständig dispergering av partiklarna. Proverna som analyserades antogs dock innehålla liten mängd cementsämsnen. Det kunde göras på följande grunder. Genom att i huvudsak välja prover tagna från C-horisonten gjordes antagandet att dessa prover saknar organiskt material. Därför uteslöts förbehandling med väteperoxid. Förekomsten av kalkstenspartiklar antogs också vara liten. Därför gjordes heller ingen förbehandling för att ta bort kalciumkarbonatutfällningar. Fanns det ändå kalkstenspartiklar räknades dessa med i kornstorleksfördelningen. Det utfördes därför ingen förbehandling förutom dispergering. På så sätt begränsades även arbetsomfattningen. Varje prov dispergerades genom att 100 ml calgon (35 g natriumhexametafosfat och 7 g natriumkarbonat blandat till en lösning i en liter destillerat vatten) tillsattes och sedan skakades provet i skakapparat. Det fick även stå under omrörning över natt. Provet fördes sedan över till en cylinder och destillerat vatten tillsattes så att hela suspensionen var 1000 ml. Suspensionen rördes om så att partiklarna fördelade sig jämnt i lösningen. Från det att omrörningen avslutats mättes tiden medan partiklarna tilläts sedimentera. Efter 7 timmar och 43 minuter har en lerpartikel (<0,002 mm) hunnit sjunka 10 cm. För att minska tidsåtgången halverades tiden och djupet

räknades om därefter. Efter 4 timmar användes en pipett för att på 5,2 centimeters djup ta ut 50 ml av suspensionen. Provet tokades och vägdes. Vikten multiplicerades med en faktor 20 ($50 \text{ ml} * 20 = 1000 \text{ ml}$) och korrigerades sedan för mängden dispergeringsmedel (0,2 g per 50 ml suspension). Lerhalten beräknades sedan som procentandel av invägt prov (material mindre än 2 mm). Efter pipettanalysen våtsiktades suspensionen genom en 0,075 mm sikt så att sandhalten erhöles. Sikten med 0,075 mm maskvidd approximerades att gälla kornstorleken 0,063 mm, eftersom det inte fanns någon 0,063 mm sikt. Silthalten räknades sedan fram utifrån de uppmätta värdena för ler- och sandhalt. Resultatet av pipettanalysen gav i några fall negativa lerhalter. Detta kunde delvis bero på att osäkerheten i analysen blir synlig vid låga lerhalter. De negativa värdena kunde dock inte helt förklaras. Lerhalterna som var negativa korrigerades till noll för att få mer rimliga värden och underlätta den statistiska analysen (INBO 2006; Melkerud pers. medd. 2008).

Hydrometermetod

Hydrometeranalysen gjordes på prover från BioSoil-projektet som redan analyserats med hjälp av pipettmetoden. För att kunna jämföra hydrometeranalysen med den redan utförda pipettanalysen gjordes förbehandlingen på samma sätt; det vill säga att förbehandling, för att avlägsna cementsämsnen, uteslöts. Det var även bra att undvika förbehandling för att bättre kunna studera resultaten av de båda dispergeringsmedlen.

Hydrometeranalyserna utfördes på följande sätt. Två analyser utfördes för varje prov. Vid den ena analysen användes natriumpyrofosfat, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, och vid den andra calgon (35 g natriumhexametafosfat och 7 g natriumkarbonat blandas till en lösning i en liter destillerat vatten). Den typen av hydrometer som användes var kalibrerad för 100 ml natriumpyrofosfat (0,005 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 * 10\text{H}_2\text{O}$). För att kalibreringen skulle stämma med calgon användes 50 ml calgon i en suspension med volymen en liter. Analyser genomfördes för fem prover i taget. Provet med dispergeringsmedel fick först stå tio minuter i en skakapparat och stod sedan över natt i en motordriven skakapparat med roterande rörelse runt en axel som bildar 45 graders vinkel med horisontalplanet. Nästa dag fördes lösningen över till en cylinder och späddes med destillerat vatten till 1000 ml. Suspensionen homogeniserades kraftfullt med en silomrörare. Från att omrörningen avbrutits mättes sedimentations-tiden. Suspensionens densitet (g jord per 1000ml) mättes med hydrometer efter tiderna 1, 2, 4, 10, 20, 50, 100, 200 och 1000 min. De första tre mätningarna gjordes var för sig med omrörning mellan varje mätning och upprepades en gång. Sedan rördes alla fem proverna upp med en

minuts mellanrum och resterande mätningar förutom den sista gjordes i följd. För den sista mätningen rördes provet om på nytt. Detta för att minska turbulens som stör sedimentationen. För att inte orsaka någon turbulens i provet vid mätningarna sänktes hydrometern ner väldigt försiktigt. Likaså när den togs upp. Dessutom togs hydrometern upp mellan mätningarna för att undvika att partiklar skulle sedimentera på hydrometern (Gandahl 1952; Stål 1972; Talme & Almén 1975).

När alla mätningar utförts tvättades proverna över en 0,075 mm sikt och sandfraktionen torkades därefter över natt i torkskåp vid 105°C. Sikten med 0,075 mm maskvidd approximerades att gälla kornstorleken 0,06 mm, eftersom det inte fanns någon 0,06 mm sikt. Det torkade provet siktades i siktats från 2 mm till 0,075 mm. Fraktionerna vägdes och för varje fraktion beräknades procentandel av hela provet (material < 2 mm). De uppmätta värdena ritades in i ett digram (Gandahl 1952; Stål 1972; Talme & Almén 1975).

Vid hydrometeranalysen kan några korrigeringar behöva göras. Det gäller om temperaturen inte är konstant eller partiklarnas densitet avviker från 2,65 g/cm³. Partikeldensiteten beror på vilket mineral partiklarna består av. Vanligtvis är densiteten ca 2,65 g/cm³. I detta fall hölls en konstant temperatur i laboratoriumet och densiteten 2,65 g/cm³, hos mineralkornen, antogs dominera. Däremot kontrollerades alla hydrometrar i en så kallad blanklösning bestående av destillerat vatten och dispergeringsmedel. De hydrometrar som gav avvikande värden korregerades för detta vid mätningen. Hydrometeravläsningarna räknades sedan om till kumulativ procentandel, av hela provet, och med hjälp av ett nomogram ritades en kumulativ fördelningskurva för kornstorlek på ett lognormalt diagrampapper (Bild 2). Genom att föra in det avlästa värdet i nomogrammet kunde kornstorleken vid varje tidpunkt ritas in i diagrammet. På y-axeln markerades den kumulativa viktprocenten som motsvarar varje avläsning och en kurva kunde ritas utifrån punkterna. I detta fall valdes att dra raka streck mellan punkterna då detta blir objektivt till skillnad från att jämföra ut kurvan. Till denna kurva lades sedan även kurvan som ritats utifrån siktningen. Viktprocenten för de olika kornstorlekarna beräknades utifrån invägd vikt av hela provet. Vattenhalt och mängden organiskt material antogs vara så liten att den kunde försummas (Gandahl 1952; Stål 1972; Talme & Almén 1975).

För att underlätta jämförelsen mellan resultaten av pipett- och hydrometermetoderna bestämdes ler, silt och sand för hydrometeranalyserna, vilka var de fraktioner som mättes vid pipettanalysen. För hydrometeranalyserna bestämdes ler, silt och sand genom att läsa ut värdena ur kornstorlekskurvorna som ritats utifrån mätningarna gjorda med hydrometer. Dessa värden användes även för att

jämföra resultatet av de båda dispergeringsmedlen. Gränserna för kornstorlekklasserna ler, silt och sand valdes utifrån SGF: s kornstorleksskala (Svantesson 2001).

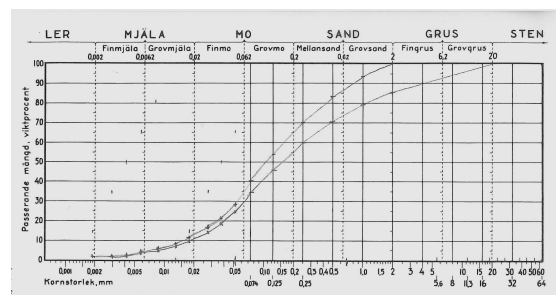


Bild 2. Exempel på kumulativ kornstorleksfördelningskurva ritad med hjälp av nomogram. På y-axel avläses kumulativ viktprocent och på x-axeln kornstorlek.

Fingertest

”Fingertest” är i detta arbete en sammanfattning av flera fältmetoder för texturbestämning. Av dessa metoder är framför allt utrullnings- och formprov de som använts inom BioSoil och även inom markinventeringen. Alla metoderna har gemensamt att de kräver erfarenhet och regelbunden kalibrering. Den personal som utförde fingertestet i fält bestod både av erfaren personal från markinventeringen och av extrapersonal som fick lära sig metoderna i och med detta tillfälle. Personalen som utförde fingertestet på laboratorium hade lika mycket erfarenhet som den extrainsatta fältpersonalen.

Samma prov bestäms i fält och på laboratorium. I fält sker provtagningen genom att ca 0,7 l (utan sten) jord plockas ut från ett bestämt djup. Efter att bestämningen gjorts i fält skickas provet till laboratorium. Bestämningen görs på fuktigt prov både i fält och på laboratorium.

För bestämning av fuktigt jordprov används form-, vasknings- och utrullningsprov. Formprovet används för att bestämma formbarhet, det vill säga sammanhållningen mellan mineralkornen, genom att bilda en kub av provet och sedan testa om det behåller sin form då man balanserar det på fingret. Vaskningsprovet utförs genom att blanda ett jordprov med riklig mängd vatten i kupad hand. Ett grumligt vattnet blir ger en uppfattning om mängden material som är mindre än 0,2 mm. Det grumliga vattnet slås bort och den kvarvarande mängden i förhållande till ursprungsprovet visar ungefärlig andel material större än 0,2 mm. Utrullningsprovet används för att avgöra sammanhållningen mellan mineralpartiklarna beroende av lerhalt. Det görs genom att försiktigt rulla ut det fuktiga provet, på en liten träskiva, med hjälp av mellanhandens tummuskel till en tråd, tills den brister. Tjockleken

anger då lerhalten. Strykningsprov och rivprov är inte lika vanliga, då de utförs på torrt prov. De kommer därför inte förklaras här. Beskrivning av metoderna framgår av utbildningskompendiet från Riksinventering av skog (Markinventeringen 2008b).

Vid texturbestämningen inom BioSoil användes den klassindelning som används inom markinventeringen. Enligt den görs först en indelning i jordartsklasserna *morän*, *sediment med låg sorteringsgrad* och *sediment med hög sorteringsgrad*. De båda sistnämnda klasserna motsvarar sorterade jordar medan morän representerar osorterade jordar. Därefter görs en indelningen i texturklasser. Klassindelningen är baserad på Atterbergs korngruppskala. För att registrera texturbestämningen används en sifferkod (Tabell 3).

Texturbestämningarna av proverna inom BioSoil har i fält gjorts för olika djup. Bestämningen på 80 cm djup görs på det material som sedan skickas in till laboratorium. De andra bestämningarna görs inte på samma material som skickas in men på samma djup som där provet tagits ut. Därför kan texturbestämningarna gjorda i fält jämföras med, bestämningarna på laboratorium, på motsvarande provdjup. Dock görs texturbestämning i fält inte för alla djup där det tas prover, som skickas till laboratorium för analys (Riksinventeringen av skog 2006b).

Jordartsklassificering

De kumulativa kornstorleksfördelningskurvorna, som är resultatet av hydrometeranalyserna, användes för att namnge jordarten för de olika proverna. För jämförelsen med pipettanalysen avlästes halterna för ler, silt och sand ur kurvorna men för att göra jordartsklassificeringen användes hela kurvan, efter att grushalten inkluderats (Bild 2).

För att underlätta jämförelsen mellan denna klassificering och den texturbestämning som gjorts genom fingertestet benämndes jordarterna på så lika sätt som möjligt. Eftersom Atterbergs korngruppskala användes vid klassificeringen gjord med fingertestet så användes den nomenklaturen även vid klassificeringen i detta arbete. När det gäller jordartsklasserna så valdes klasserna *sorterade jordar*, *ofullständigt sorterade jordar* och *morän*. Klasserna motsvaras vid bestämning med fingertestet av klasserna *sediment med hög sorteringsgrad*, *sediment med låg sorteringsgrad* och *morän*.

För att kunna bestämma jordart måste först grushalten inkluderas i kurvorna (Bild 2). Detta eftersom lerhalten räknas som andelen av material mindre än 20 mm. När lerhalten överstiger 15 % benämns jordarten lera (Ekström 1927).

Sedan indelades proverna i jordartsklasser utifrån sorteringsgrad. De nya kurvorna användes då för att beräkna sorteringskoefficienten;

$$\text{Sorteringskoefficient} = \sqrt{(d_{75}/d_{25})}$$

Där d_{75} är kornstorleken vid 75 vikt-% och d_{25} är motsvarande vid 25 vikt-%. Sorteringskoefficienten visar jordartens sorteringsgrad enligt följande gränser:

<2,5 *sorterade jordarter* ;
2,5-3,5 *ofullständigt sorterade jordarter*;
>3,5 *moräner*

Sorteringskoefficienten gäller endast för jordarter med lägre lerhalt än 5 % (Talme & Almén 1975). Likvärdigt med sorteringskoefficient är graderingskoefficient som används av SGF. Sorteringskoefficient är dock vanligare inom geologiska sammanhang. Båda visar den lognormala, kumulativa kornstorlekskurvas lutning (Steen 1982).

Proverna indelades sedan utifrån textur. *Sorterade jordarter* och *ofullständigt sorterade jordarter* gavs namn utifrån den fraktion som utgjorde störst andel av provet. I de fallen lerhalten översteg 15 % benämndes jordarten utifrån leret, det vill säga lera, som substantiv (Ekström 1927; Talme & Almén 1975). För att klassificera moränerna användes SGU:s diagram över kornstorleksammansättningen (Svantesson 2001). Moränerna namngavs utifrån SGU:s gamla nomenklatur. Den bygger på Atterbergs korngruppskala och stämmer bättre överens med markinventeringens moränklasser (Tabell 5). För att denna klassificering skulle gå att jämföra med klassificeringen gjord med fingertestet skrevs båda klassificeringarna om till en sifferkod som stämde med båda klassindelningarna (Tabell 6). Denna sifferkod skall dock ej förväxlas med markinventeringens sifferkod. Vid bedömning med fingertestet är klasserna fler och snävare, så för att kunna jämföras med klasserna för hydrometermetoden fick några klasser slås ihop. Exempelvis slogs *grovmo* och *finmo* ihop för att jämföras med *mo*.

Statistisk analys

För att jämföra resultaten av pipett- och hydrometeranalyserna samt de båda dispergeringsmedlen beräknades medelvärde för ler-, silt- och sandhalter. Jämförelserna gjordes även genom korrelationsanalys. För att noggrannare studera sambandet mellan lerhalterna gjordes korrelationsanalysen även med logaritmerade lerhalter. Värdena adderades med 1 eftersom det inte går att logaritmera värdet noll.

Vid jämförelserna med fingertestet gjordes inga statistiska analyser, utan frekvenstabeller användes istället.

RESULTAT

Pipett- och hydrometermetoder

Resultaten från hydrometeranalysen utförd med calgon jämfördes med resultaten från pipettanalysen. Jämförelsen gjordes för att notera skillnader och likheter mellan pipett- och hydrometermetoderna. Fullständiga data redovisas i bilaga 1.

Först jämfördes medelvärden för ler-, silt- och sandhalterna. Om analyserna med hydrometer och pipett stämmer väl överens skiljer medelvärdena för ler-, silt- och sandhalterna sig inte signifikant.

För pipettanalysen är medelvärdet för lerfraktionen 4,8 vikt- %, för silt 34,8 vikt- % och för sand 60,4 vikt- %. Det betyder att i ler- och sandfraktionen gav pipettanalysen lägre värden än hydrometeranalysen medan det var tvärt om för siltfraktionen. Medelvärdena för pipettanalysen skilde sig något från hydrometeranalysen, dock inte signifikant (Figur 2).

Genom att göra en korrelationsanalys framgår det tydligare hur ler-, silt- och sandhalterna för analyserna förhåller sig till varandra. Är korrelationen god kommer proverna att ligga på en linje genom origo och korrelationskoefficienten vara nära 1.

Korrelationskoefficienten (r) för korrelationen mellan resultaten av pipett och hydrometer är för lerfraktionen 0,938. För siltfraktionen är korrelationen något bättre, $r = 0,970$. Korrelationen mellan resultaten av analyserna var för sandfraktionen ungefär densamma, $r = 0,954$, som i de andra fraktionerna (Figur 3).

I jämförelsen mellan resultaten av pipett- och hydrometeranalyserna är korrelationen allra bäst i siltfraktionen även om korrelationen för sandfraktionen inte var långt ifrån. Korrelationen är lägst i lerfraktionen.

Överensstämmelsen är liknande vid en jämförelse mellan resultaten av hydrometeranalysen, utförd med natriumpyrofosfat, och pipettanalysen.

Vid korrelationsanalysen av lerfraktionen blev det uppenbart att några av proverna har betydligt högre lerhalter än merparten av de undersökta proverna (Figur 3). Korrelationskoefficienten påverkas då mer av dessa få höga värden än av de övriga, som i figuren ligger samlade på samma ställe. För att bättre studera sambandet så logaritmerades värdena. Sambandet blev då tydligare (Figur 3).

Vid korrelationsanalysen av de logaritmerade lerhalterna förskjuts sambandet, mellan resultaten av hydrometer- och pipettanalyserna, så att en tänkt linje genom punkterna ej skär origo. Det är på grund av att pipettanalysen gav tydligt lägre lerhalter än hydrometeranalyserna.

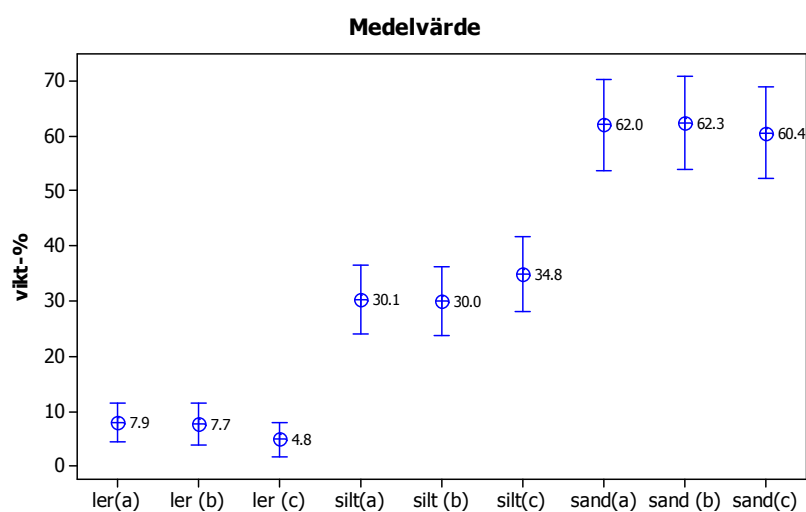
Dispergeringsmedel

Resultaten från analyserna med de två dispergeringsmedlen jämfördes för att visa skillnader och likheter. Fullständiga data redovisas i bilaga 1.

Först studerades medelvärden för de uppmätta ler-, silt- och sandhalterna. Om resultaten från hydrometeranalyserna med de två dispergeringsmedlen stämmer väl överens gäller även här att medelvärdena för ler-, silt- och sandhalterna för de två analyserna inte ska skilja sig signifikant.

För lerfraktionen är medelvärdena av resultaten från de båda hydrometeranalyserna 7,9 vikt- % (natriumpyrofosfat) respektive 7,7 vikt- % (calgon). Samma överensstämmelse gäller för silt- (30,1 vikt- % respektive 30,0 vikt- %) och sandfraktionerna (62,0 vikt- % respektive 62,3 vikt- %). De två olika dispergeringsmedlen natriumpyrofosfat och calgon gav likvärdiga resultat för alla fraktioner (Figur 2).

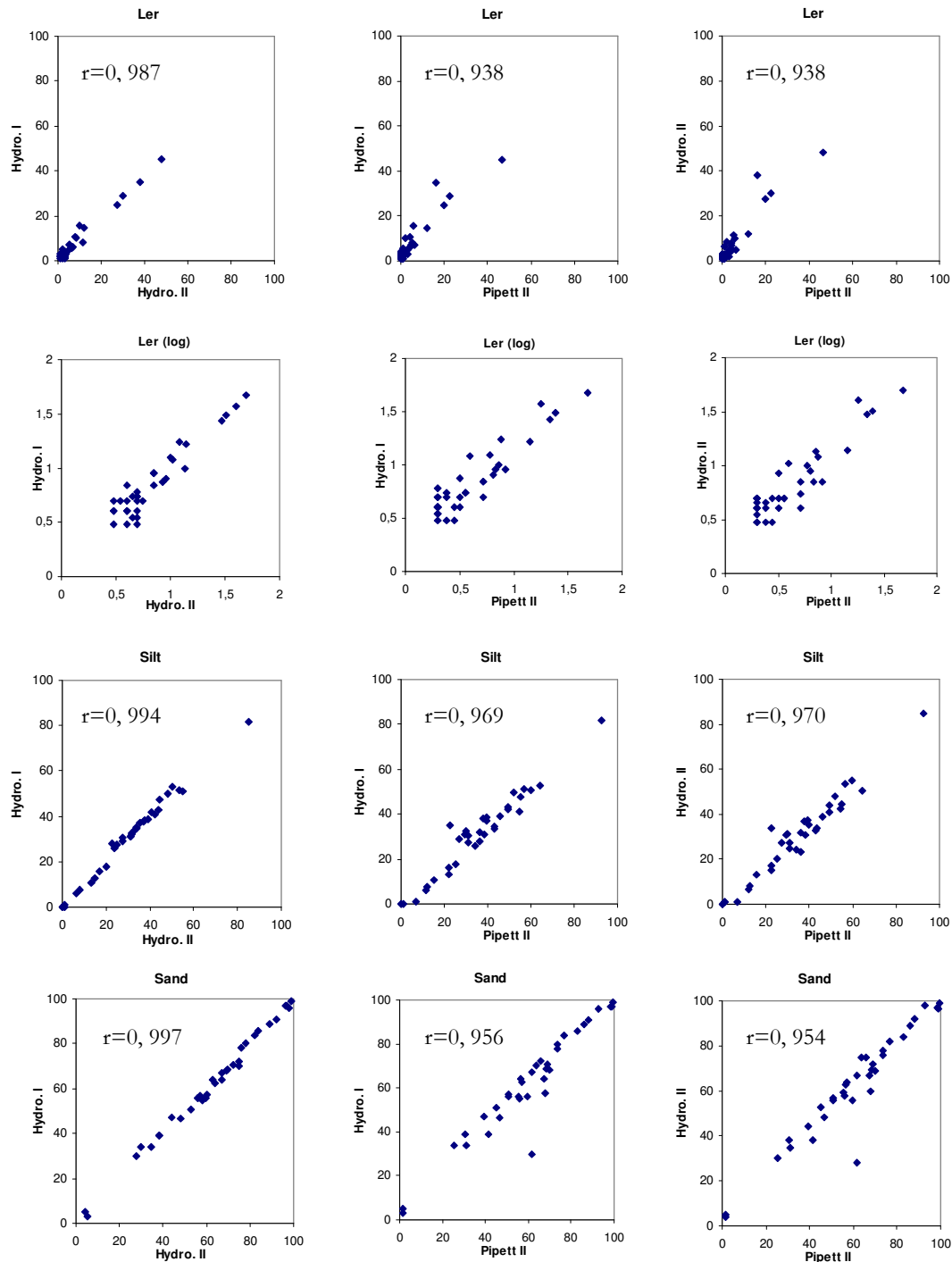
Resultatet av hydrometeranalyserna med de båda dispergeringsmedlen jämfördes också genom korrelationsanalys.



Figur 2. Medelvärde med 95 % konfidensintervall för de tre texturanalysmetoderna, hydrometer med natriumpyrofosfat (a), hydrometer med calgon (b) och pipett med calgon (c) uppdelat i kornstorleksklasserna ler (<0, 002 mm), silt (0, 002-0, 06 mm) och sand (0, 06-2 mm), beräknat för material mindre än 2 mm.

I lerfraktionen stämmer resultaten för de två dispergeringsmedlen väl överens, $r = 0,987$. Även för silt- och sandfraktionerna är korrelationen bra mellan resultaten ($r = 0,994$; $r = 0,997$).

Bäst korrelation är det för sandfraktionen. Även för siltfraktionen var korrelationen god medan lerfraktionen visade den lägsta korrelationen (Figur3).



Figur 3. Korrelationen mellan de tre analysmetoderna, hydrometer med natriumpyrofosfat (Hydro. I), hydrometer med calgon (Hydro. II) och pipett med calgon (Pipett II) med avseende på det uppmätta värdet för ler- ($<0,002$ mm), silt- ($0,002-0,06$ mm) och sandhalten ($0,06-2$ mm) för varje prov. Ler-, silt- och sandhalten är mätt i vikt-% av material mindre än 2 mm.

Fingertest

För de 35 prover som ingick i studien bedömdes jordart och textur med hjälp av fingertestet på laboratorium. För 24 av dessa 35 prover hade jordart och textur även bedömts med hjälp av fingertestet i fält. För att registrera jordart- och texturklasserna vid bestämningen skrevs de som sifferkod (Tabell 3).

Vid god överensstämmelse mellan fält- och laboratoriebestämningarna är de flesta prover klassade i samma klass både i fält och på laboratorium. Det största antalet prover kommer då att finnas på diagonalen i figuren (Figur 4). Metoden är dock beroende av bedömarens. Vilket gör att det är en subjektiv metod som heller inte är så exakt. En något sämre överensstämmelse är därför acceptabel.

Av de prover som i fält klassats som *sediment med låg sorteringsgrad* (2) var, på laboratorium, ett prov klassat som *sediment med hög sorteringsgrad* (1) och resten som *morän* (3). Ännu mer anmärkningsvärt är att av de åtta prover som i fält klassats som *sediment med hög sorteringsgrad* (1) har, på laboratorium, tre klassats som *morän* (3). Vidare har ett prov som på laboratorium klassats som *morän* (3), i fält, klassats som *sediment med hög sorteringsgrad* (1) (Figur 4). Detta visar att vid jämförelsen av de två bedömningarna är överensstämmelsen mindre god.

För texturklassificeringen ser jämförelsen något bättre ut men även här finns avvikelser. Av de fem prover som i fält klassats som *mellansand/sandig-moig morän* (4) har endast en klassats på samma sätt på laboratorium. Liknande ser det ut för de prover som i fält klassats som *grovsand/sandig morän* (3). Belysas bör också de sju proverna som i fält klassats som *grovm/sandig-moig morän* (5). På laboratorium har endast ett prov av dessa klassats i samma klass. Två prover har klassats som *grovsand/sandig morän* (3), ett som *finmo/moig morän* (6), två som *mjåla/mjålig morän* (7) och ett som *ler/lerig morän* (8) (Figur 4).

Inom BioSoil så var 440 prover texturbestämda i fält. För i stort sett alla dessa upprepades texturbestämningen på laboratorium. Samma jämförelse som tidigare kan göras för dessa prover.

Överensstämmelsen var ungefär densamma som i den förra jämförelsen (Figur 5). Flera prover har på laboratorium klassats som *morän* (3) men, i fält, som *sediment med låg sorteringsgrad* (2). Det finns även prover som på laboratorium klassats som *sediment med hög sorteringsgrad* (1) men, i fält, som *morän* (3). I fält klassades 98 prover som *sediment med låg sorteringsgrad* (2) och på laboratorium 38 prover. Endast tio av dessa var klassade i samma klass, det vill säga *sediment med låg sorteringsgrad* (2).

Texturbestämningen gav något bättre överensstämmelse. De flesta proverna är klassade i samma klass eller närliggande klass både i fält respektive laboratorium men även här finns liknade avvikelser som tidigare. Det tycks också finnas en tendens till att texturbestämningarna gjorda på laboratorium är klassade i finare klasser än de som gjordes i fält (Figur 5).

Tabell 3. Koder för jordart och textur som använts vid klassificering genom fingertestet. Texturindelningen följer Atterbergs kornstorleksskala. Understrykningen i klasserna *sandig-moig* och *sandig-moig morän* visar vilken fraktion som dominerar

Jordart		
1	sediment med hög sorteringsgrad	
2	sediment med låg sorteringsgrad	
3	morän	
4	(häll)	
5	(torv)	
Textur		
	minerogena sorterade sediment	morän
0	(block i groppen)	
1	klapper och sten	blockig och stenig
2	grus	grusig
3	grovsand	sandig
4	mellansand	sandig-moig
5	grovm	sandig-moig
6	finmo	moig
7	mjåla	mjålig
8	ler	lerig
9	(torv)	

Jordart	Labb: 1	2	3	Alla	Textur	Labb: 2	3	4	5	6	7	8	Alla
Fält:					Fält:								
1		3	2	3	8	2	1	0	0	0	0	0	1
2		1	0	4	5	3	2	1	0	1	1	0	5
3		1	1	9	11	4	0	0	1	1	2	1	5
Saknas		1	1	9	*	5	0	2	0	1	1	2	7
Alla		5	3	16	24	6	0	0	0	1	1	1	3
						7	0	0	0	0	0	1	2
						8	0	0	0	0	0	0	1
						Saknas	1	0	2	2	1	4	*
						Alla	3	3	1	4	5	3	24

Figur 4. Klassifikation av jordart och textur för 24 prover gjord i fält och på laboratorium, med hjälp av fingertest. Jordarten är indelad i klasserna 1-3 och texturen är indelad i klasserna 2-8 (Tabell 3). Rad- och kolumnbeteckningen är klasskoder. De grå fälten är antal prover som klassats lika i fält och på laboratorium.

Jordart						Textur									
Labbb:1 2 3 Saknas Alla						Labbb:1 2 3 4 5 6 7 8 Alla									
Fält:						Fält:									
1	75	13	30	0	118	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	13	10	75	0	98	2	0	4	1	2	2	1	0	12	
3	70	15	133	1	218	3	0	5	12	16	5	8	2	2	50
4	0	0	1	0	1	4	0	1	16	14	22	31	18	5	107
5	2	0	2	0	4	5	0	1	6	12	18	45	42	8	132
Alla	160	38	241	*	439	6	0	0	0	7	8	21	24	15	75
						7	0	0	0	0	1	7	7	20	35
						8	0	2	0	0	0	2	3	17	24
						9	0	0	0	0	1	2	0	1	4
						Alla	1	13	35	51	57	118	97	68	440

Figur 5. Klassifikation av jordart och textur för 440 prover gjord i fält och på laboratorium, med hjälp av fingertest. Alla 440 proverna ingår i BioSoil och inkluderar de 24 prover som först jämfördes (Figur 4). Jordarten är indelad i klasserna 1-5 och texturen är indelad i klasserna 0-9 (Tabell 3). Rad- och kolumnbeteckningen är klasskoder. De grå fälten är antal prover som klassats lika i fält och på laboratorium.

Jordartsklassificeringen stämmer bättre överens i båda jämförelserna än vad texturklassificeringen gör. Vid texturbestämningen är dock klasserna ganska snäva och ligger nära varandra, klassgränserna är smala. Tidigare har också nämnts att det krävs erfarenhet och kalibrering för att bedömningen ska bli rättvisande. Det är också lätt att glida på skalan. Det kan därför vara svårt för bedömare att göra en så noggrann klassning av texturen. Det gör att även om texturen klassats olika i fält och på laboratorium, med *en klass' avvikelse* kan det accepteras. Skillnaden mellan de två klassningarna är då inte så stor. Om en jord i fält klassas som 5 och, på laboratorium, som 6 så kan det ändå anses acceptabelt. Det betyder att andelen prover som klassats i *samma klass* kan räknas ihop med andelen prover som klassats med *en klass' avvikelse*. Andelen prover som klassats i *samma klass* och med *en klass' avvikelse* blir då 58 % för jämförelsen avseende 24 prover och 62 % för jämförelsen avseende 440 prover (Tabell 4).

Tabell 4. Jämförelse av jordarts- och texturklassificering i fält och på laboratorium. Andel prov i samma och avvikande klasser, uttryckt i procent. "24" syftar på jämförelsen avseende 24 prover. Motsvarande gäller för "440"

	Samma klass	En klass avvikelse	Större avvikelse
Jordart			
24	50	33	17
440	50	26	24
Textur			
24	29	29	42
440	21	41	38

Jordartsklassificering

Förutom den jordarts- och texturklassificering som gjorts med fingertestet så användes även resultatet från hydrometeranalyserna för att göra en motsvarande jordartsklassificering. Klassificeringen gjordes då utifrån hela kornstorleksfördelningskurvan för varje prov. Antalet prover som klassades i varje klass blev då något ojämnt fördelat. Endast ett prov klassificerades som *ofullständigt sorterad sand*. Flest prover återfinns i klassen *sandig-moig morän*, med tio prover. *Ofullständigt sorterad mo*, *sorterad mo* och *sorterad sand* är också stora klasser, med fem prover. Resterande klasser innehåller två eller tre prover (Tabell 5).

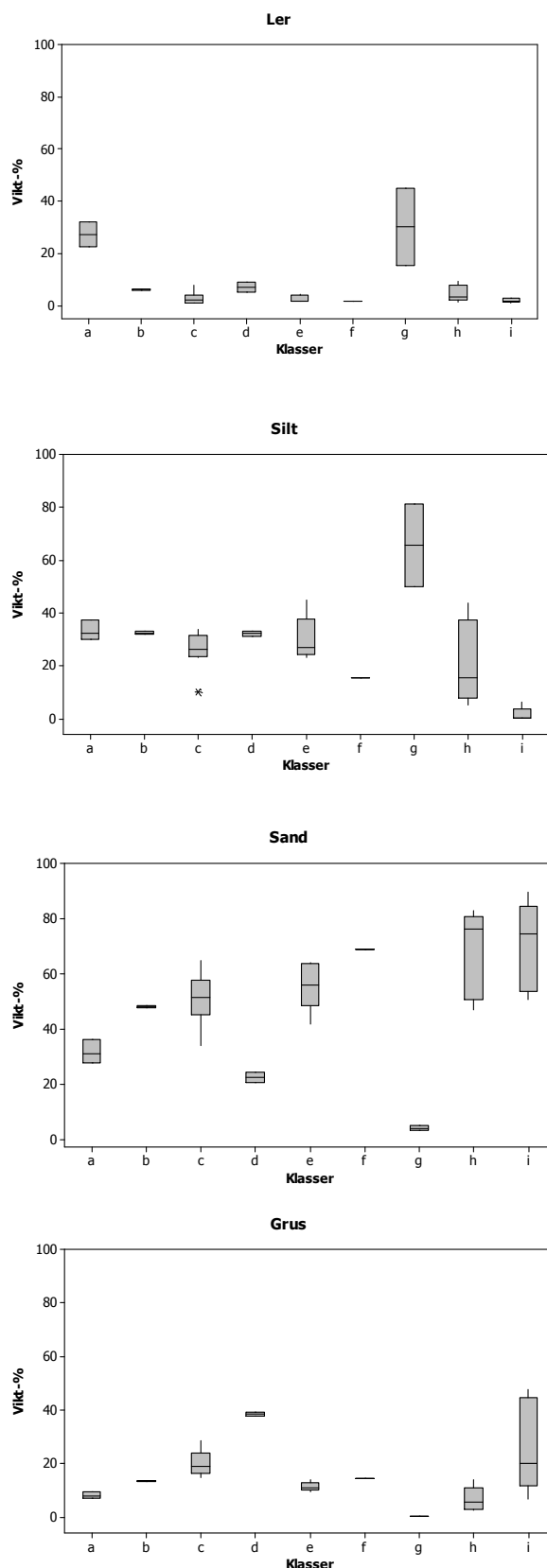
För de tidigare jämförelserna, mellan resultat av pipett- och hydrometermetoderna, studerades ler-, silt- och sandhalterna för varje prov. Genom att titta på dessa halter, och grushalten, för de klassificerade proven kan klasserna jämföras med varandra.

Ler-, silt-, sand- och grushalten för proverna inom klasserna varierar (Figur 6). Självklart finns det ingen variation för ler-, silt- och sandhalterna i klass *f* (*ofullständigt sorterad sand*) som bara innehåller ett prov. För ler- och sandhalten i klass *g* (*sorterad lera*) är spridningen stor i förhållande till de andra klasserna. Sand- och grushalt för samma klass visar däremot väldigt liten spridning. För klassen *i* (*sorterad sand*) är det tvärt om. Grus- och sandhalt visar stor spridning medan ler- och silthalt visar liten spridning. Vid klassificeringen, utifrån kornstorlekskurvorna, observerades att två av proverna, klassade som *i* (*sorterad sand*), även innehöll mycket grus.

Det är i några fall missvisande att redovisa fraktionerna ler, silt, sand och grus, för proverna, då klassificeringen är gjord utifrån Attebergs korngruppsskala som innehåller fraktionerna mjåla och mo istället för silt. Det kunde ha redovisats tydligare om fraktionerna ler, mjåla, mo, sand och grus använts.

Tabell 5. Klasser och de prover (provnnummer) som ingår i vardera klassen. Klassificering är gjord utifrån resultatet av hydrometeranalys utförd med natriumpyrofosfat. a-i är klassernas numrering som används i Figur 6

morän		
a	moränlera	52, 101, 1224
b	moig	619, 620
c	sandig-moig	1264, 89, 279, 515, 642, 929, 1053, 1417, 1418, 1428
d	sandig-grusig	1312, 1313
ofullständigt sorterad jordart		
e	mo	548, 974, 87, 88, 1566
f	sand	322
sorterad jordart		
g	lera	786, 1007
h	mo	143, 492, 549, 667, 668
i	sand	523, 568, 943, 753, 754

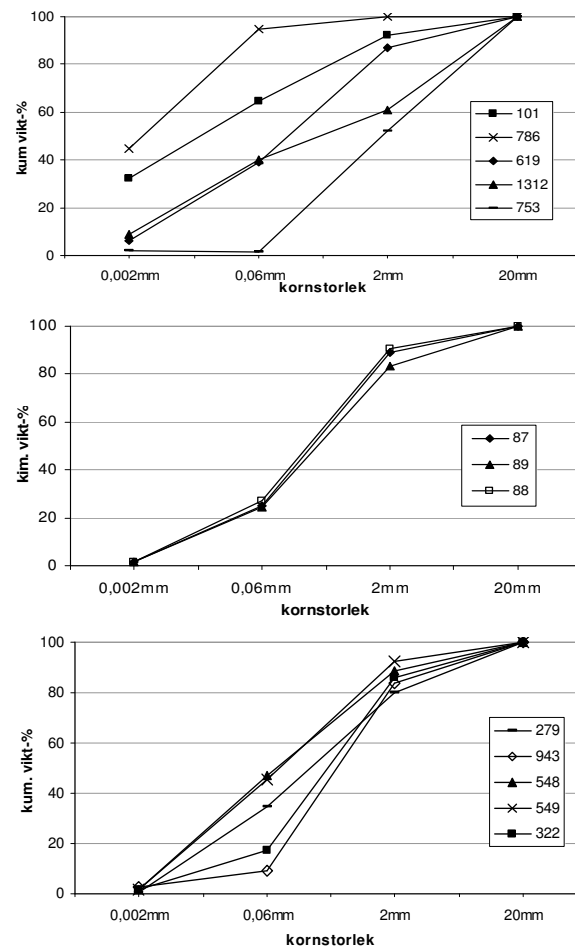


Figur 6. Klasserna är numrerade a-i (Tabell 5). Median för varje klass är beräknat för ler-, silt- respektive sandhalten. Medianen är mittenstreck i boxen. Över- och underkant av boxen är tredje respektive första kvartil. Lodräta streck visar lägsta och högsta värden. Stjärnor representerar avvikande värden.

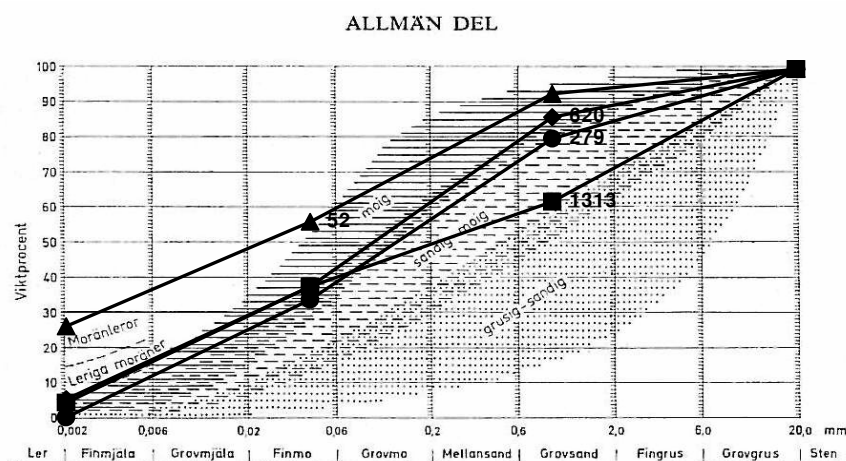
Jordartsklassificeringen som baserades på hydrometeranalyserna utförd med natriumpyrofosfat gjordes med hjälp av kornstorlekskurvorna som ritades efter analyserna. Kurvorna delades in i *sorterade jordar*, *ofullständigt sorterade jordar* och *morän*. För moränerna användes SGU:s ”diagram över grundmassans sammansättning för olika moräntyper” för att avgöra vilken klass en kornstorleksfördelningskurva motsvarade. Moränerna innehåller partiklar av alla kornstorleksklasser (Figur 8). De sorterade och ofullständigt sorterade jordarna, däremot, innehåller få kornstorleksklasser. Kurvorna som representerar sorterade och ofullständigt sorterade jordar borde skilja sig från moränkurvorna. Exempel på detta är prov 753 (*sorterad sand*) i förhållande till prov 1312 (*sandig-grusig morän*). Desamma gäller för prov 101 (*moränlera*) i förhållande till prov 786 (*sorterad lera*). I några fall så ligger dock klasserna nära varandra. Ett exempel är proverna 87, 88 och 89 som representerar klasserna *sandig-moig morän* och *ofullständigt sorterad mo*. Dessa prover är från samma provyta men är tagna på olika djup.

Även kurvorna för sorterade och ofullständigt sorterade jordar borde skilja sig åt. Exempel på det är prov 943 (*sorterad sand*) i förhållande till prov 322 (*ofullständigt sorterad sand*). Det stämmer dock inte för proverna 548 (*ofullständigt sorterad mo*) och 549 (*sorterad mo*) som också är från samma provyta men tagna på olika djup.

De förenklade kurvorna, som redovisas här, är något missvisade då endast ler-, silt-, sand- och grusfraktionerna är representerade. Mer rättvisande hade det varit om silt delats upp i mjåla och mo (Atterbergs korngruppsskala).



Figur 7. Förenklade kornstorleksfördelningskurvor för några av de prover som analyserats med hydrometer (natriumpyrofosfat). I kurvorna har grushalten inkluderats.



Figur 8. Diagram över grundmassans sammansättning i olika moräntyper. Respektive moräntypers kornstorleksfördelningskurvor faller inom de markerade zonerna. Utsnitt ur SGU: s jordartskarta. Sveriges geologiska undersökning (SGU). Medgivande: 30-1916/2008. Kornstorlekskurvor för proverna 52, 620, 279 och 1313 är ritade på diagrammet (Tabell 5).

Hydrometermetod och fingertest

För att jämföra bestämningarna gjorda med hydrometermetoden och fingertestet skrevs båda klassindelningarna om till en gemensam sifferkod (Tabell 6). För fingertestet är klasserna fler och snävare därför motsvaras några av hydrometerklasserna av två klasser enligt fingertestet. Resultatet av de båda bestämningarna redovisas i bilaga 2.

Om de flesta proverna är klassade i samma klass med fingertestet som med hydrometermetoden så har de båda klassningarna god överensstämmelse.

För jordartsklassificeringen är mer än hälften av proverna klassade i samma klass, när det gäller jämförelsen mellan bestämningarna gjorda med hydrometer och fingertestet på laboratorium. Vid jämförelsen mellan hydrometer och fingertestet i fält är det inte riktigt hälften av proverna som klassats lika (Figur 9; Tabell 7).

Med båda metoderna har ungefär lika många prover klassats som *sediment med låg sorteringsgrad* (2). Det är dock endast ett av dessa prover som blivit klassat på samma sätt med båda metoderna (Figur 9).

När det gäller textur är ännu färre prover klassade i samma klass med hydrometermetoden som med fingertest (33 %, 29 %). I den tidigare jämförelsen där fält och laboratoriebestämningar, gjorda med fingertest, jämfördes med varandra, adderades andelen klassade i *samma klass* med andelen klassade med *en klass' avvikelse*. Om detta görs här blir andelen prover som klassats i *samma klass* och med *en klass' avvikelse* 75 % vid jämförelsen mellan hydrometer och fingertest, utfört i fält, och 86 % vid jämförelsen mellan hydrometer och fingertest, utfört på laboratorium (Tabell 7).

Det finns flera skillnader mellan de olika bestämningarna. Med hydrometermetoden klassades inga prover som 2 (*grus*) eller 7 (*mjåla*) vilket det däremot gjordes i båda bestämningarna med fingertestet. Få prover var utifrån hydrometermetoden klassade som 4 (*grusig-sandig/grusig/sandig*). Betydligt fler prover var med fingertestet klassade som 4 men ingen av dessa var klassade i samma klass med hydrometermetoden. På liknande sätt ser det ut för flera av texturbestämningarna (Figur 9).

Tabell 6. Gemensam sifferkod för klassindelningarna för hydrometer och fingertest. Understrykningen i klasserna *sandig-moig* och *sandig-moig* morän visar vilken fraktion som dominerar

Klasser hydrometer I		Klasser fingertest	
kod	minerogena sorterade sediment	kod	minerogena sorterade sediment
1	klapper och sten	1	klapper och sten
2	grus	2	grus
3	sand	3	grovsand
		3	mellansand
6	mo	6	grovmö
		6	finmö
7	mjåla	7	mjåla
8	ler	8	ler

morän		morän	
1	blockig och stenig	1	blockig och stenig
4	grusig-sandig	4	grusig
		4	sandig
5	sandig-moig	5	sandig-moig
		5	sandig-moig
6	moig	6	moig
7	mjålig	7	mjålig
8	lerig	8	lerig

Jordart		Fingertest, fält:				
		1	2	3	Saknas	Alla
Hydro. I:						
1		5	2	3	2	10
2		2	0	2	2	4
3		1	3	6	7	10
Alla		8	5	11	*	24

Textur		Fingertest, fält:								
		2	3	4	5	6	7	8	Saknas	Alla
Hydro. I:										
3		1	1	2	1	0	0	0	1	5
4		0	0	0	1	0	0	0	1	1
5		0	1	0	3	3	0	0	3	7
6		0	2	2	0	3	0	0	5	7
8		0	0	0	0	1	2	1	1	4
Alla		1	4	4	5	7	2	1	*	24

Jordart		Fingertest, labb:			
		1	2	3	Alla
Hydro. I:					
1		4	2	6	12
2		1	1	4	6
3		1	1	15	17
Alla		6	4	25	35

Textur		Fingertest, labb:						
		2	4	5	6	7	8	Alla
Hydro. I:								
3		1	5	0	0	0	0	6
4		0	0	2	0	0	0	2
5		0	1	2	2	5	0	10
6		0	0	5	4	3	0	12
8		0	0	0	0	1	4	5
Alla		1	6	9	6	9	4	35

Figur 9. Klassifikation av jordart och textur genom fingertest och hydrometermetod. Jordarten är indelad i klasserna 1, 2, 3 (Tabell 3). Texturen är indelad i klasserna 2-8 (Tabell 6). Siffrorna överst och längst till vänster i figurerna är klasskoder. De grå fälten är antal prover som klassats lika enligt de båda metoderna.

Tabell 7. Jämförelse av jordarts- och texturklassificering utifrån hydrometeranalys samt fingertest, utförd i fält och på laboratorium. Andel prov i samma och avvikande klasser, uttryckt i procent. Vänstra kolumnen visar jämförelserna

	Samma klass	En klass avvikelse	Större avvikelse
Jordart			
hydro. l; fingertest, fält	46	37	17
hydro. l; fingertest, labb	57	23	20
Textur			
hydro. l; fingertest, fält	33	42	25
hydro. l; fingertest, labb	29	57	14

DISKUSSION

Jordars texturförhållanden är viktiga för markegenskaper och markanvändning. Flera metoder finns för texturbestämningar. Detta arbete behandlar några olika utföranden av sådan texturbestämning, dels studeras två metoder för sedimentationsanalys, dels två dispergeringsmedel (natriumpyrofosfat och calgon) samt texturbestämningar utförda med hjälp av fingertest.

Pipett- och Hydrometermetoder

Metoderna bygger på olika bestämningar av partikelstorleken. Med pipett mäter man på gravimetrisk väg fraktionernas massa medan man med hydrometer mäter densitetsförändring i suspensionen, efter bestämda tidsintervall, därför kan de förväntas ge något olika resultat (Barnekow 1991).

Jämförelsen mellan pipett- och hydrometeranalyserna visade att de båda metoderna gav likvärdiga resultat, då det inte fanns någon signifikant skillnad mellan resultaten. Det fanns några vissa skillnader. Framför allt i det avseendet att pipettanalysen gav något lägre lerhalter. Det visade sig både vid jämförelsen av medelvärden och vid korrelationsanalysen. Det stärker tidigare studier som visat att de båda metoderna ger liknande resultat samt att pipettmetoden ger något lägre lerhalter (Liu m fl 1966; Calhoun m fl 1973; Thornburn & Shaw 1987).

I denna studie kan pipettmetodens lägre lerhalter, i förhållande till hydrometermetoden, sannolikt förklaras med brister vid utförandet av pipettanalysen. När pipettanalysen utfördes blev några lerhalter negativa, vilket delvis förklarades av att halterna var väldigt låga och att ett mätfel då kan ha stor betydelse för värdet. Felet kunde dock inte förklaras helt.

Det kan även finnas andra förklaringar till skillnaden i lerhalt mellan pipett- och hydrometermetoderna. Calhoun m fl (1973) fick i sin studie liknade resultat. De nämner då att organiskt material kan påverka hydrometeranalysen så att den ger högre lerhalter, på grund av dess låga densitet. På

vilket sätt det påverkar hydrometeranalysen förklaras inte. De prover som analyserades innehöll dock väldigt liten mängd organiskt material därför uteslöts detta som förklaring till skillnaderna i resultatet. Även Thorburn & Shaw (1987) nämner den låga densiteten hos organiskt material som en förklaring till att hydrometermetoden kan ge högre lerhalter än pipettmetoden men inte heller här ges någon närmare beskrivning för på vilket sätt den låga densiteten har betydelse. Även i denna studien var halten organiskt material så liten att den inte kunde ha påverkat skillnaderna i resultatet av de båda metoderna.

I en artikel av Shein m fl (2006) ges en mer utförlig förklaring till på vilket sätt det organiska materialet kan påverka analyserna. Enligt den studien kan organiskt material, med partikelstorlek motsvarande silt, mätas som ler på grund av dess låga densitet. Stokes lag säger att partiklar med samma densitet faller snabbare i en lösning ju större de är. Finns det partiklar i lösningen med en densitet som är lägre än den för mineralkornen kommer de partiklarna att falla långsammare än mineralpartiklarna av samma storlek. Den låga densiteten hos organiskt material borde i så fall påverka båda metoderna.

En förklaring skulle också kunna vara att organiskt material i lösningen uppträder som lösta humussyror som då påverkar vätskans densitet vilket i sin tur påverkar analysen (Melkerud pers. medd. 2008).

Förutom att organiskt material har en låg densitet så har det även en cementerande egenskap. Thorburn & Shaw (1987) påpekar i sin studie att organiskt material i proverna leder till dålig dispergering och osäkra resultat vid kornstorleksanalys.

En annan förklaring till skillnaderna, framförallt i lerhalt, kan vara att metoderna har olika precision när det gäller att mäta finare fraktioner. Enligt Thorburn & Shaw (1987) är hydrometermetoden mindre känslig vid mätning av silt och, framför allt, ler. Johnson m fl (1985) betonar också att dispergeringen är viktig för att hydrometermetoden ska ge rättvisande mätning av de finare fraktionerna.

Vid utförandet av hydrometeranalysen i detta examensarbete uteslöts förbehandling avseende organiskt material. Det observerades dock vid analysen att det fanns viss mängd organiskt material i proverna. Det syntes framför allt på lösningens mörka färg efter att alla mineralpartiklar sedimenterat. Mängden organiskt material var dock antagligen så liten att den inte hade någon större betydelse för resultatet. Möjligtvis kan det ha påverkat dispergeringen och gjort att resultaten är något osäkra. En annan möjlig förklaring till skillnaderna är också att pipettmetoden är känsligare än hydrometermetoden, vid fina fraktioner.

Jämförelsen av medelvärdena för alla fraktionerna visar att medelvärdet för ler- och sandhalt var lägre för pipett än hydrometer medan det för silthalten var lägre. Skillnaden mellan medelvärdena var dessutom

störst i siltfractionen. Proportionerna mellan de olika kornstorlekarna är dock kopplade till varandra genom analysförfarande. Beskrivningen av hur pipettmetoden utfördes förklarar att silthalten räknades fram utifrån de uppmätta ler- och sandhalterna. Lerhalterna är, som nämndes tidigare, osäkra och har redan visat sig innehålla felkällor vilket då även påverkar silthalten. Finns det dessutom felkällor i mätningen av sandhalten påverkas silthalten också av dessa. Vid korrelationsanalysen var dock korrelationen mellan resultaten av hydrometer- och pipettmetoderna bäst i siltfractionen.

Dispergeringsmedel

Resultaten från hydrometeranalyserna med de båda dispergeringsmedlen, natriumpyrofosfat och calgon, var likvärdiga då de gav i stort sett samma resultat. Båda hydrometeranalyserna skiljer sig dessutom i stort sett lika mycket från pipettmetoden.

I sin studie av fyra dispergeringsmedel visade Johnson m fl (1985) liknade resultat som i denna studie. Calgon och natriumpyrofosfat gav även här likvärdiga resultat. Calgon gav något högre lerhalt än natriumpyrofosfat men skillnaden var inte signifikant.

Tidigare diskuterades det organiska materialets betydelse för resultatet av hydrometeranalysen. Då det i proverna antagligen fanns en viss mängd organiskt material kan det ha påverkat dispergeringen eller vätskans densitet. Förbehandlingen för organiskt material uteslöts vid båda hydrometeranalyserna. Om de båda dispergeringsmedlen reagerar olika på uteslutandet av förbehandlingen borde det ha blivit synligt i resultatet. Då resultaten var överensstämmande antas att medlen reagerar på samma sätt. Inga tidigare studier om detta har hittats. Uteslutandet av förbehandling var i detta fall en fördel eftersom den då inte stör effekten av dispergeringsmedlen vilka skulle studeras.

Dessa båda dispergeringsmedel används inom olika discipliner. Calgon används vanligtvis inom markforskning men när det gäller geologi har natriumpyrofosfat av tradition använts (Melkerud pers. medd. 2008). Olmstead m fl (1930) visade i en studie att olika dispergeringsmedel kan ge mycket olika resultat vilket visar betydelsen av att välja ett relevant dispergeringsmedel. När det gäller valet mellan calgon eller natriumpyrofosfat visar denna studie att båda ger lika bra resultat, vid analys av skogsjordar.

Pipettmetoden har inte fullt lika god överensstämmelse med hydrometermetoden som de båda dispergeringsmedlen har med varandra. Detta innebär att olika dispergeringsmedel har mindre betydelse än utförandet med hydrometer eller pipett.

Vid jämförelsen mellan de båda dispergeringsmedlen och mellan pipett- och hydrometermetoden studerades 35 prover. Ett större

antal prover hade naturligtvis gett mer statistiskt säkra slutsatser. Valet av prover påverkar också resultatet av den statistiska analysen med avseende på lerhalten. Av de prover som ingår i studien har flera låg lerhalt medan endast ett fåtal har lerhalter som är påtagligt höga. Det var väntat eftersom skogsjordar vanligtvis har låg lerhalt. Vid korrelationsanalysen gör det dock att korrelationskoefficienten påverkades mer av de höga värdena. För att stärka sambandet för lerhalterna kunde fler prover med hög lerhalt ha valts.

Fingertest

Fingertestet utfört i fält och på laboratorium visade skillnader mellan de båda bestämningarna. Detta var förväntat eftersom det är en subjektiv metod som kräver erfarenhet.

I den första jämförelsen med 24 prover var överensstämmelsen mellan fält- och laboratoriebestämningarna mindre god. För jordartsbestämningarna var 50 % klassade i samma klass och för textur var 58 % klassade i samma klass eller med en klass' avvikelse. Det skulle kunna tyda på att metoden är tämligen osäker. För att få en bättre överensstämmelse skulle det behövas en jämförelse baserad på ett större antal bestämningar. Därför gjordes samma jämförelse fast med 440 prover ur datasetet för BioSoil-projektet. Resultatet av denna visade samma brist på överensstämmelse, mellan fält och laboratorium, som i den första jämförelsen (50 % respektive 62 %). Det betyder att den första jämförelsen faktiskt är rättvisande och tyder på att det är stora osäkerheter avseende bestämningarna gjorda med fingertest.

När det gäller jordartsklassificeringen är det tydligt att klassen *sediment med låg sorteringsgrad* (2) är svår att bestämma. Vid jämförelsen med 440 prover var 38 prover klassade, på laboratorium, som *sediment med låg sorteringsgrad* medan 98 prover var klassade, i fält, i samma klass. Av de 136 (38 + 98) proverna var endast 10 klassade lika i båda bestämningarna. Klassen *sediment med låg sorteringsgrad* är en liten klass i förhållande till klasserna *morän* och *sediment med hög sorteringsgrad*. Den är också ett mellanting mellan de sist nämnda klasserna. Vid en subjektiv bedömning kan det vara svårt att avgöra om ett prov tillhör klassen *sediment med låg sorteringsgrad* eller ej. Speciellt om provet gränsar till de andra klasserna. I fält har betydligt fler prover klassats som *sediment med låg sorteringsgrad* än på laboratorium. Det kan tyda på att det är lättare att göra den bedömningen i fält. Klasserna *morän* och *sediment med hög sorteringsgrad* gav bättre resultat men även här fanns stora avvikelser. Jämförelsen visade att prover som i fält klassats som *morän* kunde vara klassade på laboratorium som *sediment med hög sorteringsgrad*. Samma prov har alltså klassats i två vitt skilda klasser. En förklaring kan vara att proverna egentligen borde ha klassats som *sediment*

med låg sorteringsgrad men att det är svårt att avgöra var gränsen går mellan klasserna.

Vid jämförelsen av texturbedömningarna fanns också några stora avvikelser i likhet med jordartsklassificeringen. Texturbestämningarna visade sig dock stämma bättre överens än jordartsklassificeringen, förutsatt att en klass' avvikelse räknas som acceptabel. När det gäller texturen är klasserna snäva och ligger nära varandra, det vill säga, klassgränserna är smala. Samtidigt är fingertestet en subjektiv bedömning som kräver regelbunden kalibrering för att inte "glida på skalan". Det gör att prover av misstag kan bedömas tillhöra en närliggande klass. Eftersom klasserna ligger så nära varandra betyder det dock att felet inte blir så stort. Det kan diskuteras om klasserna borde vara färre. Fördelen med fler, snäva klasser är bland annat att det blir lättare att använda resultatet då man inte alltid är intresserad av samma klassindelning.

Faktorer som kan ha haft betydelse både för jordarts- och texturbestämningarna är att personalen i fält har andra förutsättningar än personalen på laboratorium. Bland annat kan bedömaren i fält dra fördel av att känna till provytans geologiska och geografiska förhållanden för att kunna avgöra jordartens bildningssätt. Det kan framför allt underlätta vid jordartsbestämningen. Personalen som gör bedömningen på laboratorium har ingen kunskap om hur provytan ser ut. Dessutom plockas stenar bort från provet som skickas till laboratorium. Laboratoriepersonalen har därför ingen uppfattning om hur mycket sten jorden innehåller utan gör sin bedömning på ett prov endast bestående av material mindre än 60 mm. Fältpersonalens bedömning påverkas också av hur hela markprofilen ser ut. En fördel med det, är att hela markprofilen ofta består av liknande eller samma jordart, som provet, vilket gör att bedömningen kan göras utifrån hur hela profilen ser ut. Nackdelen är dock att om hela markprofilen inte består av samma jordart kan en bedömare med lite mindre erfarenhet vilseledas något i sin bedömning. Även förutsättningar som väder och utrustning kan påverka fältpersonalen.

Större delen av bedömningarna i fält gjordes av extrapersonal. Endast delar av fältpersonalen bestod av ordinarie personal från Markinventeringen, med större erfarenhet av att göra bedömningar utifrån fingertestet. På laboratorium gjordes alla bedömningar av personal med liten erfarenhet. Jordarts- och texturbedömning utifrån fingertestet kräver kunskap och mycket övning. Stora delar av personalen utbildades i och med BioSoil-projektet. Det förklarar en del av den osäkerhet som finns i resultaten.

Fingertestet används som en uppskattning av jordart och textur och kan inte ses som ett exakt mått. Denna studie visar dock att det finns möjligheter till förbättring. Det kan bland annat

uppnås med ytterligare utbildning av personal och kalibrering.

Hydrometermetod och fingertest

Jämförelsen mellan hydrometermetod och fingertestet utgick från att hydrometer kan ses som ett facit. Detta tack vare att det är en objektiv metod i förhållande till fingertestet som är mer subjektiv.

Överensstämmelsen mellan de två metoderna var mindre god (Tabell 7). Under förutsättning att antalet prover som var klassade i samma klass kunde slås ihop med antalet prover som klassats med en klass' avvikelse så visade det sig dock att texturbedömningen gav något bättre överensstämmelse (75 %, 86 %). När det gäller denna jämförelse så var dock klassindelningen grövre, än vid jämförelsen med bara fingertestet, eftersom den generaliserades för att kunna göra jämförelsen. Det betyder att överstämmelsen kanske egentligen var sämre. Klassindelningen som gjordes utifrån hydrometer var grov samtidigt som några av klasserna som användes vid fingertestet slogs ihop.

Bristen på överensstämmelse mellan resultaten av hydrometermetoden och fingertestet beror till stor del på osäkerheten hos resultatet från bestämningen med fingertestet. Jämförelsen av bestämningar gjorda med fingertestet i fält och på laboratorium visar att det finns stor skillnad mellan bestämningarna.

Resultatet av hydrometeranalysen kan antas vara tillförlitligt. Däremot kan klassificeringen av resultatet ha påverkat jämförelsen. När det gäller klassificeringen baserad på hydrometeranalyserna fanns osäkerheter kring bedömningen. Detta gäller framför allt klassificering av gränsfall. Ett exempel på detta är proverna 87, 88 och 89 som enligt sorteringskoefficienten var två ofullständigt sorterade sediment (87, 88) och en morän (89). Alla tre är tagna från samma provyta men representerar olika djup i profilen. Proverna 87 och 88 är från 20 och 40 centimeters djup medan 89 är från 80 cm. Detta är ingen omöjlig klassificering men det visar ändå hur nära det kan vara mellan två olika klasser. Detta belyser svårigheten med att göra en "korrekt" klassificering.

Enligt de förutsättningar som personalen har i fält respektive laboratorium så kan fältbestämningarna förväntas ge bättre resultat. Resultatet av jämförelsen visade dock att när fingertestet utfördes på laboratorium gav det bättre resultat än när det utfördes i fält. Detta gäller för både jordarts- och texturbestämningarna.

Det kan endast spekuleras i varför laboratoriebestämningen var bättre än den som gjordes i fält. Till att börja med kan det tyda på att laboratoriepersonalen hade mer kunskap och kalibrerade sig oftare. Däliga väderförhållanden kan påverka bedömningen i fält negativt medan

laboratorium är en bekvämare arbetsmiljö vilket ger bättre bedömningar. Texturbestämningen görs för flera prover på samma yta. På labb görs bedömningen på varje prov utan kunskap om vilka prover som är från samma yta. I fält däremot kan bedömningarna som görs på samma yta jämföras med varandra, om bedömningen från början är osäker kan resten av bedömningarna på samma yta påverkas av det. Antagandet att fältbestämningarna borde bli bättre grundade sig på att personalen har kunskap om provytans geologi. Har fältpersonalen dålig kunskap om geologi och bildningen av jordarter ger tillgång till hela ytan inte samma hjälp.

För att kunna bedöma jordart och textur utifrån kornstorleksfördelningskurvorna lades grushalten till. När grushalterna kontrollerades framkom det att prover med välsorterad jord och hög lerhalt innehöll oväntat mycket grus. Gruset visade sig vid vätsiktning vara leraggregat. Tack vare kontrollen kunde grushalterna korrigeras.

Slutsatser

De två sedimentationsmetoderna pipett och hydrometer gav i denna studie likvärdiga resultat. Pipettmetoden gav dock något lägre lerhalter. Avvikelserna i lerhalten var väntad då resultatet av pipettanalysen uppvisade vissa osäkerheter. Skillnaderna i lerhalterna skulle också kunna bero på förekomst av organiskt material i proverna. Mängden organiskt material var dock väldigt lite. Oavsett vad skillnaderna mellan metoderna beror på var avvikelserna inte signifikant. Metoderna kan därför anses likvärdiga, även om vissa skillnader finns. Detta resultat stöds av tidigare studier.

Resultaten av hydrometeranalyserna som gjordes med de båda dispergeringsmedlen natriumpyrofosfat och calgon visade att de var likvärdiga. Även detta resultat stöds av tidigare studier.

Detta arbete innefattade även jordarts- och texturbestämningar gjorda med hjälp av olika fältmetoder. Dessa sammanfattades i uttrycket fingertest eftersom ”fältmetoderna” även upprepades på laboratorium. Resultaten av de båda bedömningarna med fingertestet visade sig innehålla fler skillnader. Bristerna beror dels på att det är en grov uppskattning av jordart och textur samt att klassificeringen görs i snäva klasser som kan vara svåra att bedöma. Osäkerheten i resultaten kan också bero på att bedömningen i fält och på laboratorium görs under olika förutsättningar. För bättre resultat föreslås ytterligare övning och kalibrering.

Slutligen studerades även fingertestet i förhållande till hydrometermetoden. Osäkerheten som fanns i resultatet av fingertestet blev även tydlig i denna jämförelse. Bedömningarna som utförts på laboratorium med fingertestet gav något bättre överensstämmelse med hydrometermetoden. Det

skulle kunna bero på bättre kalibrering och bekvämare arbetsmiljö. Det skulle också kunna tyda på att det är en fördel att göra bedömningen av proverna utan kunskap om provytans egenskaper.

Med erfarenhet och regelbunden övning kan fingertestet ändå anses vara en bra, om än grov, uppskattning av jordart och textur.

TACK

Jag vill tacka personalen på institutionen för mark och miljö. Framför allt då mina handledare Lars Lundin, Per-Arne Melkerud och Johan Stendahl för vägledande kommentarer och tålamod. Jag vill också tacka Ola Löfgren, Anita Sundgren och Mulugeta Tibebe för information om arbetet inom markinventeringen, Kristin Boye på f.d institutionen för markvetenskap och Dag Fredriksson på SGU för kunskap om hydrometeranalysen samt Mary McAfee för hjälp med ”summary”. Jag vill även tacka både min nuvarande studierektor Johan Alanärä på institutionen för vilt, fisk och miljö och min tidigare studierektor Tord Magnusson på institutionen för skogens ekologi och skötsel. Sist men absolut inte minst vill jag tacka Tobias Alfredson för ditt otroliga stöd.

REFERENSER

- Barnekow, L. 1991. Jämförelse mellan hydrometer-, pipett- och sedigrafmetoderna för kornstorleksanalys. Akad. Avh. Lunds universitet: geologiska institutionen
- Brady, N., Weil, R. 2002. *The nature and properties of soils*, 3. ed. New Jersey: Pearson Education Inc. ISBN: 0-13-016763-0
- Calhoun, F. G., Caldwell, R. E., Bohrer, D. D. 1973. Comparison of pipette and Bouyoucos hydrometer methods for particle-size analysis of selected Florida soils. *Proceedings, Soil and crop science society of Florida* 32, 114-117. ISSN:0096-8382
- Chaudhari, S. K., Singh, R., Kundu, D.K. 2008. Rapid texture analysis for saline and alkaline soils with different physical and chemical properties. *Soil Science Society of America Journal* 72, 2, 431-441. ISSN: 0361-5995
- Coates, G. F., Hulse, C. A. 1985. A comparison of four methods of size analysis of fine-grained sediments. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 28, 2, 369-380. ISSN: 0028-8306
- Damberg, A. 1996. Atterbergs kornstorleksskala. *Geologiskt forum* 9, 5-9. ISSN: 1104-4721
- Ekström, G. 1927. *Klassifikation av svenska åkerjordar*. SGU serie C 345. Stockholm. ISSN-0082-0024
- Eriksson, C-P., Holmgren, P. 1996. Estimating stone and boulder content in forest soils – evaluating the potential of surface penetration methods. *Catena* 28, 121-134. ISSN: 0341-8162
- Eriksson, J., Nilsson, I., Simonsson, M. 2005. *Wiklanders marklära*. Lund: Studentlitteratur. ISBN:91-44-02482-7
- Forestry Commission, Forest Research, UK. 2008. *Background information concerning the BioSoil project* [online] Tillgänglig: <http://www.forestry.gov.uk/webside/forestresearch.nsf/ByUnique/INFD-73UDE3> [2008-03]
- Gandahl, R., 1952. *Hydrometermetoden*. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 74, 4, 497-512. ISSN:0016-786X
- Head, K.H. 1980. *Manual of soil laboratory testing, volume 1, soil classification and compaction tests*. London: Pentech press. ISBN: 0-7273-1302-9
- Hodgson, J. M., Hollis, J. M., Jones, R. J. A., Palmer, R. C. 1976. A comparison of field estimates and laboratory analysis of the silt and clay contents of some west midland soils. *The Journal of Soil Science* 27, 3, 411-419. ISSN: 0022-4588
- INBO. 2006. IIIa Sampling and Analysis of Soil - Uppdate 2006. [online] Tillgänglig: <http://www.inbo.be/docupload/2922.pdf> [2008-03]
- INBO. 2008. Hemsida. [online] 2008. Tillgänglig: http://www.inbo.be/content/page.asp?pid=EN_MON_forest_soils [2008-10-14]
- Institutionen för markvetenskap 2005. *Laborationskompendium i marklära*, upplaga 2, kurskompendium, Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Johnson, J. E., Bowles, J. A., Knuteson, J. A. 1985. Comparison of pretreatments and dispersants on clay determination by the hydrometer method. *Communications in soil science and plant analysis* 16, 9, 1029-1037. ISSN 0010-3624
- Krumbein, W. C., Pettijohn, F. J. 1938. *Manual of Sedimentary petrography*. New York: Appleton-century-croft, inc.
- Liu, T. K., Odell, R. T., Etter, W. C., Thornburn, T.H., 1966. A comparison of clay content by hydrometer and pipette methods using reduced major axis analysis. *Proceedings, Soil Science Society of America* 30, 665-669. ISSN: 0037-0746
- Markinventeringen. 2008a. Hemsida. [online] 2008-11-19. Tillgänglig: <http://www-markinventeringen.slu.se/> [2008-10-28]
- Markinventeringen. 2008b. 2008-10-15. *Utbildningskompendium* 2007. [online] Tillgänglig: <http://www-sml.slu.se/sk/faltinst.htm> [2008-10-28]
- Melkerud, P-A., 2008. Institutionen för mark och miljö, SLU, Uppsala. Personligt meddelande.
- Naturvårdsverket. 2008. Hemsida. [online] 2008-11-07. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Programomraden/Skog/> [2008-11-14]
- Olmstead, L. B., Alexander, L. T., Middleton, H. E. 1930. A pipette method of mechanical analysis of soils based on improved dispersion procedure. *Technical bulletin* 170. ISSN 0082-9811
- Riksinventeringen av skog. 2006a. Hemsida. [online] 2006-09-15. Tillgänglig: <http://www-ris.slu.se/> [2008-10-28]
- Riksinventeringen av skog. 2006b. 2006. *Fältinstruktioner 2006*. Uppsala: Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik, inst. för skoglig marklära.
- Riksskogstaxeringen. 2008. Hemsida. [online] 2008-10-10. Tillgänglig: <http://www-riksskogstaxeringen.slu.se/> [2008-10-28]
- Shein, E. V., Milanovskii, E. Yu., Molov, A. Z. 2006. The effect of organic matter on the difference between particle-size distribution data obtained by the sedimentic and laser diffraction methods. *Eurasian Soil Science* 39, suppl. 1, S84-S90. ISSN: 1064-2293
- Svantesson, S-I. 2001. *Beskrivning till jordartskartan, 6F Vetlanda NV*. SGU serie Ae 146. Uppsala. ISSN: 0586-1535
- Swedish standards institute. 2001. Svensk standard, SS-ISO 11277, *Markundersökningar- Bestämning av kornstorleksfördelning i mineraldelen av jord- Sikt- och sedimentationsmetod*. Stockholm: SIS Förlag AB
- Steen, B., (Red.) 1982. *Jordarternas indelning och benämning, Geotekniska laboratorieanvisningar, del 2*. Stockholm: Spångbergs tryckeri AB. ISBN 91-540-3719-0

Stål, T. 1972. *Kornfördelning, Förslag till geotekniska laboratorieanvisningar, del 4*. Byggforsknings informationsblad B2:1972. Stockholm. ISBN:91-540-2024-7

Sørensen, L. K., Dalsgaard, S. 2005. Determination of clay and other soil properties by near infrared spectroscopy. *Soil Science Society of America Journal* 69, 159-167. ISSN:0361-5995

Talme, O., Almén, K-E. 1975. *Jordartsanalys, laboratorieredovisningar Del 1*. Kvartärgeologiska institutionen, Stockholms universitet.

Taubner, H., Roth, B., Tippkötter, R. 2008. Determination of soil texture: Comparison of sedimentation method and laser-diffraction analysis. *Journal of plant nutrition and soil science* 000, 1-11. ISSN: 1436-8730

Thornburn, P. J., Shaw, R. J. 1987. Effects of different dispersion and fin-fraction determination methods on the results of routine particle-size analysis. *Australian Journal of Soil Research* 25, 4, 347-360. ISSN: 0004-9573

BILAGA 1

Resultat av hydrometeranalyserna och pipettanalysen. Löpnr är samma som provnummer. Resultaten är indelade i lerhalt (<0,002 mm), siltbalt (0,002-0,06 mm) och sandhalt (0,06-2 mm). Några lerhalter blev vid pipettanalysen negativa. Dessa korrigerades till noll. De korrigerade värdena är skrivna i fet och kursiv stil.

	Hydrometer						Pipett		
	(I)Na4P2O7			(II)Calgon			(II)Calgon		
Löpnr.	<0,002	0,002-0,06	0,06-2	<0,002	0,002-0,06	0,06-2	<0,002	0,002-0,06	0,06-2
52	29	32	39	30	32	38	22,5	36,4	41,2
87	2	26	72	1	24	75	0,0	34,0	66,0
88	2	28	70	2	23	75	0,0	36,1	63,9
89	2	27,5	70,5	3	25	72	0,0	30,9	69,1
101	35	35	30	38	34	28	16,0	22,4	61,6
143	6	16	78	7	17	76	4,4	22,3	73,3
279	1	42	57	2	41	57	0,0	49,4	50,6
322	2	18	80	2	20	78	1,2	25,3	73,5
492	10	32,5	57,5	8,5	31,5	60	2,0	30,0	68,1
515	1	30,5	68,5	3	27,5	69,5	0,8	31,0	68,2
523	3	1	96	1	1	98	0,0	7,0	93,0
548	2	51	47	1	55	44	0,8	59,8	39,4
549	1,5	47,5	51	2,5	44,5	53	0,0	55,1	44,9
568	1	0	99	1	0	99	0,4	0,0	99,6
619	7	38	55	5	37	58	6,4	37,7	56,0
620	7	37	56	5	35,5	59,5	4,8	39,7	55,5
642	5,5	38,5	56	6,5	37,5	56	1,2	39,3	59,5
667	3,5	10,5	86	3	13	84	1,6	15,5	82,9
668	3	6	91	1,5	6,5	92	0,0	11,8	88,2
753	3	0	97	2,5	1	96,5	0,4	0,9	98,7
754	3	0	97	2	1	97	0,4	0,9	98,7
786	45	50	5	48	48	4	46,4	52,0	1,7
929	5	39	56	5	39	56	3,2	45,9	51,0
943	3,5	7,5	89	3	8	89	1,6	12,3	86,1
974	4	33,5	62,5	3	33	64	0,0	43,0	57,0
1007	15,5	81,5	3	10	85	5	5,6	92,8	1,6
1053	3	13	84	3	15	82	1,2	22,3	76,5
1224	25	41	34	27,5	42,5	30	19,8	54,6	25,6
1264	10,5	43	46,5	8	44	48	4,0	49,4	46,7
1312	14,5	51,5	34	12	53,5	34,5	12,1	56,6	31,3
1313	8	53	39	11,5	50,5	38	5,2	64,4	30,3
1417	1,5	34,5	64	3	34	63	0,0	43,3	56,7
1418	2	31	67	2	31	67	0,0	38,2	61,8
1428	3	29	68	3,5	27,5	69	3,2	27,1	69,7
1566	5	31	64	2	31	67	3,2	29,4	67,4
medel	7,9	30,1	62,0	7,7	30,0	62,3	4,8	34,8	60,4

BILAGA 2

Jordartsklassificering gjord utifrån hydrometeranalysen (natriumpyrofosfat) och fingertest, utfört i fält och på laboratorium. Vid klassificeringen utifrån hydrometeranalysen har en annan klassindelning använts än den som använts vid klassificeringen gjord med fingertest. Siffrorna står för två av jordartsklasserna; 1 för sorterad jord/sediment med hög sorteringsgrad och 2 för ofullständigt sorterad jord/sediment med låg sorteringsgrad. Understrykningen i klasserna sandig-moig och sandig-moig morän visar vilken fraktion som dominerar.

Löpnr.	Hydrometermetod (natriumpyrofosfat)	Fingertest (fält)	Fingertest (laboratorium)
52	moränlera		2 lera
87	sandig-moig morän	1 grovmo	sandig-moig morän
88	2 mo		sandig-moig morän
89	sandig-moig morän	1 finmo	mjäligh morän
101	moränlera	2 grovmo	1 lera
143	1 mo	1 finmo	2 finmo
279	sandig-moig morän	2 mellansand	moig morän
322	2 sand	sandig morän	sandig morän
492	1 mo	1 mellansand	1 mjäla
515	sandig-moig morän	<u>sandig-moig</u> morän	<u>sandig-moig</u> morän
523	1 sand	sandig morän	2 grus
548	2 mo		mjäligh morän
549	1 mo	1 grovmo	mjäligh morän
568	1 sand	2 grovsand	grusig morän
619	moig morän		<u>sandig-moig</u> morän
620	moig morän		<u>sandig-moig</u> morän
642	sandig-moig morän	sandig-moig morän	mjäligh morän
667	1 mo		1 finmo
668	1 mo	sandig morän	sandig-moig morän
753	1 sand		grusig morän
754	1 sand	2 grus	grusig morän
786	1 lera	1 lera	1 lera
929	sandig-moig morän	sandig-moig morän	moig morän
943	1 sand	sandig-moig morän	sandig morän
974	2 mo	sandig morän	1 finmo
1007	1 lera	1 mjäla	1 lera
1053	sandig-moig morän	2 grovmo	sandig morän
1224	moränlera	mjäligh morän	mjäligh morän
1264	sandig-moig morän	moig morän	sandig-moig morän
1312	grusig-sandig morän	<u>sandig-moig</u> morän	sandig-moig morän
1313	grusig-sandig morän		sandig-moig morän
1417	sandig-moig morän		mjäligh morän
1418	sandig-moig morän		mjäligh morän
1428	sandig-moig morän		mjäligh morän
1566	2 mo	1 mellansand	2 finmo

EXAMENSARBETEN UTFÖRDA OCH PUBLICERADE VID TIDIGARE
INSTITUTIONEN FÖR SKOGLIG MARKLÄRA (NUVARANDE
INSTITUTIONEN FÖR MARK OCH MILJÖ), SLU FR O M ÅR 2001

1. Gustafsson, Maria. 2001, Carbon loss after forest drainage of three peatlands in southern Sweden.
2. Isberg, Susanna. 2002. Elementkoncentrationer i gran utmed en markfuktighetsgradient.
3. Munter, Fredrik. 2002. Kloridhalter i gran utmed en depositionsgradient för havssalter.
4. Poggio, Laura. 2002. Epiphytic algae on Norway spruce needles in Sweden – geographical distribution, time-trends and influence of site factors.
5. Zander, Niclas. 2002. Beskogad åkermark – Förändringar av mark-pH efter plantering.
6. Bergkvist, Åsa. 2002. Små skogliga vattendrag i Värmland – Generell beskrivning, förekomst av traktorspår samt spårens inverkan på bottenfauna.
7. Gille, Emma. 2002. Den bäcknära zonen vid små skogliga vattendrag i Värmland – Generell beskrivning, förekomst av traktorspår samt kvicksilverhalter i körpåverkat ytvatten.
8. Herbertsson, Sofia. 2003. Sjunkande pH i Västerbottens humuslager – en kvantitativ analys.
9. Hedstrand, Ylva. 2003. Effects of Ammonium Oxalate Treatment on Interlayer Materials in 2:1 Layer Silicates From a Podzol.
10. Hansson, Karna. 2004. Bok- och grankonkurrens i Sydsverige – markegenskaper och naturlig föryngring.
11. Granlöf, Jonatan. 2005. Stormfällning och dess riskfaktorer i skyddszoner längs skogliga vattendrag i Västra Götaland.
12. Chaminade, Guillermo. 2005. Topography, soil carbon-nitrogen ratio and vegetation in boreal coniferous forests at the landscape level.
13. Torgnyson, Beatrice. 2005. Student attitudes toward incentives to reduce automobile use
14. Berg, Kristin. 2006. Naturlig föryngring på torra sandmarker. Ståndortsegenskaper och jordartskarta som beslutsunderlag för undvikande av schablonmässig markberedning.
15. Hultnäs, Mikael. 2006. Skogsskötselåtgärder vid nyetablering av skyddszoner vid bäckar i södra Värmland.
16. Stråhle, Erik. 2006. Sumpskogens motståndskraft vid stormen Gudrun år 2005.
17. Lucci, Gina. 2007. Element balances and retention for wetlands in the forest environment - case study Bohyttan fen.
18. Backlund, Ingegerd. 2007. Askåterföring i Jämtland - biobränslets och askans innehåll av tungmetaller relaterat till markernas geokemi.
19. Holmström, Björn. 2008. Stubblyftningens initiala effekt på emissioner av växthusgaser från en granmark i Småland.
20. Lidberg, Linnéa. 2009. Texturbestämning genom fält-, pipett- och hydrometermetoder.

I denna serie publiceras examensarbeten utförda vid institutionen för skoglig marklära, SLU. Tidigare nummer i serien kan i mån av tillgång beställas från institutionen på telefon 018-672212. De kan också laddas ner från institutionens hemsida: www.mark.slu.se

ISSN 1650-7223
ISBN 978-91-86197-03-2

Institutionen för skoglig marklära
SLU
Box 7001
750 07 Uppsala
